

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів
з дисципліни

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

*(для студентів 2, 3 курсів денної і заочної форм навчання
напрямку підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»)*

Харків
ХНАМГ
2011

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Електричні апарати» (для студентів 2, 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 68 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Ю. О. Васильєва,
ст. викл. О. М. Ляшенко

Рецензент: доц. Г. О. Петченко

Рекомендовано кафедрою СДС,
протокол № 2 від 26.10.2010 р.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

1. СТРУМООБМЕЖУЮЧІ РЕАКТОРИ

Автоматичні вимикачі, здійснюючи відключення ланцюгів при коротких замиканнях, не захищають ці ланцюги від руйнуючої дії електродинамічних сил. В сучасних потужних мережах струми короткого замикання (КЗ), а отже, і електродинамічні сили бувають настільки великі, що часто не є можливим виконати установку з необхідною електродинамічною і термічною стійкістю. З метою обмеження ударного струму короткого замикання в потужних мережах застосовуються струмообмежуючі реактори, які встановлюються на фідерах (1 і 2) (рис. 1), що відходять, і між секціями збірних шин (3). Окрім обмеження струму КЗ, реактори одночасно забезпечують під час короткого замикання підтримку напруги на живлячих шинах на деякому певному рівні.

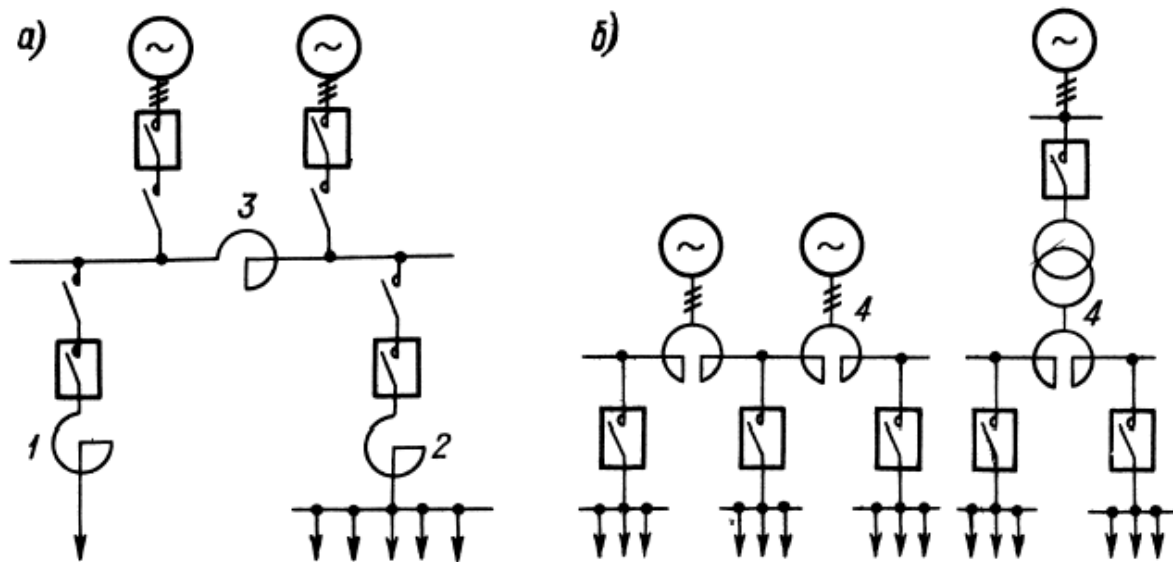


Рис.1 – Схеми вмикання струмообмежуючих реакторів:
а - одинарних, б – подвоєних, 1 – фідерний,
2 – фідерний груповий, 3 – міжсекційний, 4 – подвоєний.

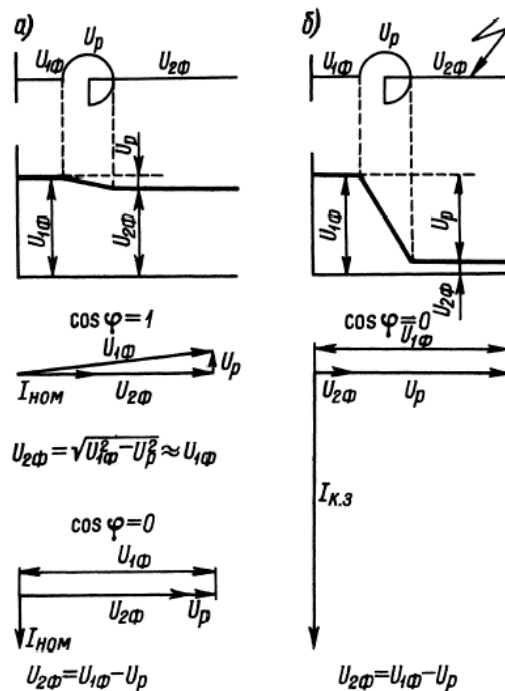


Рис.2 – Розподіл напруги в колі з реактором: а – при номінальному струмі; б – при короткому замиканні.

Реактор є котушкою з постійним індуктивним опором $x = \omega L$. Одним з основних параметрів є його реактивність X_p , рівна відношенню падіння напруги на реакторі U_p при протіканні по ньому номінального струму до фазної напруги U_ϕ .

Реактивність виражається у відсотках. Якщо нехтувати омичним опором реактора, то

$$X_p = \frac{I_{ном} \omega L}{U_\phi} = \frac{U_p}{U_\phi} = \frac{U_p \sqrt{3}}{U_\phi} 100 \quad (1.1)$$

Реактивність фідерних реакторів вибирається звичайно 6—8%, а секційних – 8-12%. Слід зазначити, що при номінальному режимі втрата напруги на реакторі ΔU_ϕ не рівна чисельно падінню напруги U_p на ньому (рис. 2, а і б) і істотно залежить від величини $\cos \varphi$ ($\Delta U_\phi \rightarrow 0$ при $\cos \varphi = 1$; $\Delta U_\phi = U_p$ при $\cos \varphi = 0$; $\Delta U_\phi \approx 0,5 U_p$ при $\cos \varphi = 0,8$). Таким чином, при номінальному режимі забезпечується допустиме (3—4%) відхилення напруги у споживачів. При короткому замиканні $\cos \varphi \rightarrow 0$ і велика частина напруги припадає на реактор (рис. 2, б), унаслідок чого

на збірних шинах підтримується порівняно висока залишкова напруга, значення якої залежить від співвідношення опорів мережі до реактора і самого реактора. Якщо нехтувати активним опором мережі і реактора, то кратність сталого струму короткого замикання буде

$$I_{кз} = I_{ном} = \frac{100}{X_{p\%}}. \quad (1.2)$$

Ударний струм короткого замикання при розрахунку реакторів приймається рівним

$$i_{уд\max} = 1,8\sqrt{2}I_{кз} = 2,54I_{ном} \frac{100}{X_{p\%}} \quad (1.3)$$

Для підтримки постійності індуктивного опору струмообмежуючі реактори виконуються без сталевих осердь. При цьому вони набувають великих розмірів і маси. Реактори із сталевими осердями при рівній індуктивності мали б менші розміри.

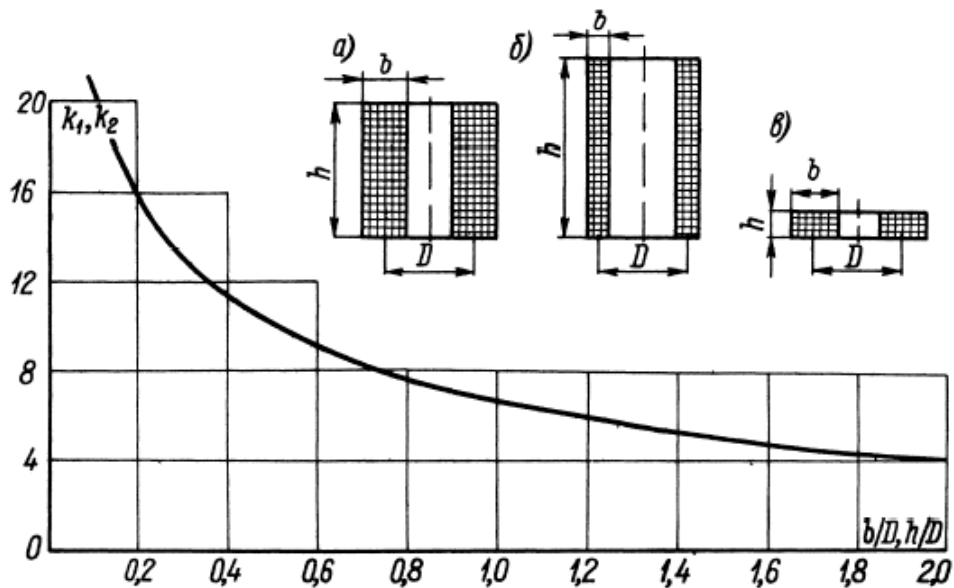


Рис. 3 – До розрахунку індуктивності реактору

Проте у них при великих струмах осердя насичуються, реактивність таких реакторів різко знижується і реактори втрачають свої струмообмежуючі властивості якраз в той момент, коли вони необхідні. Зважаючи на це реактори із сталевими осердями набули поширення.

Індуктивність L реакторів може бути розрахована по наступних формулах (розміри дані в сантиметрах, L — в мілігенрі):

1) для реактора із співвідношенням геометричних розмірів подібно рис. 3,а і кількістю витків w

$$L \approx 10,5 w^2 D \left[\frac{D}{2(h+b)} \right] \cdot 10^{-8}, \quad (1.4)$$

де

$$\alpha = 3/4 \text{ при } 0,3 \leq D/2(h+b) \leq 1, \quad (1.5)$$

$$\alpha = 1/2 \text{ при } 1 \leq D/2(h+b) \leq 3; \quad (1.6)$$

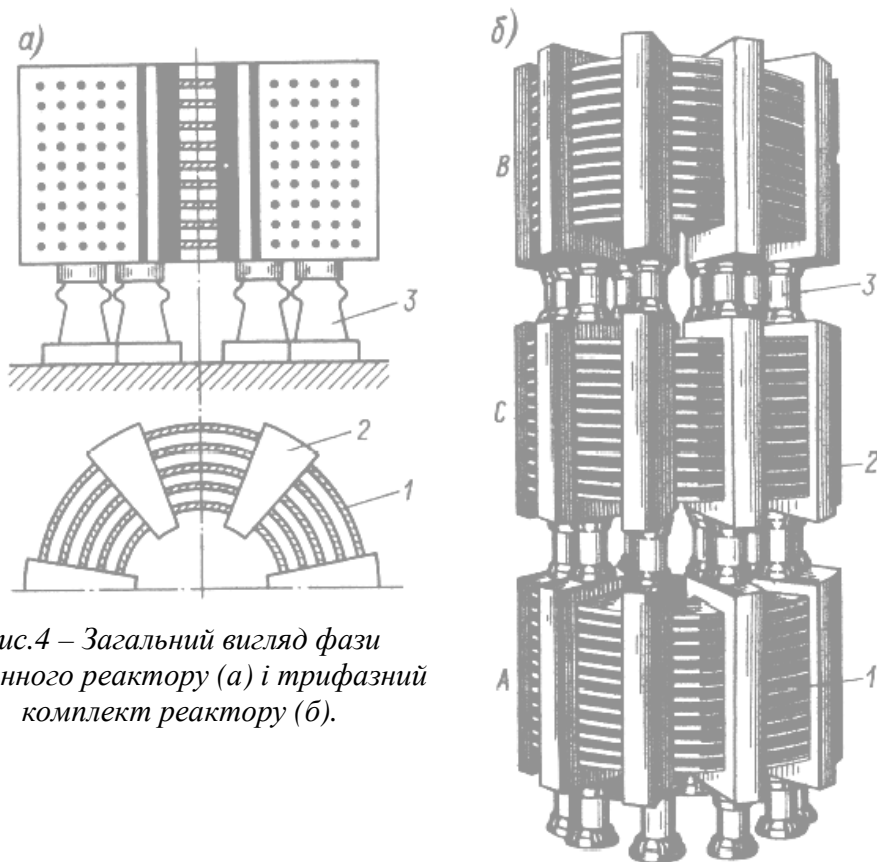


Рис.4 – Загальний вигляд фази бетонного реактору (а) і трифазний комплект реактору (б).

2) для реактора, у якого $h/D > b/D$ (рис. 3б),

$$L \approx w^2 k_1 D \cdot 10^{-8}, \quad (1.7)$$

де $k_1 = f(h/D)$ (крива на рис. 3);

3) для реактора, у якого $b/D > h/D$ (рис. 12-3, в),

$$L \approx w^2 k_2 D \cdot 10^{-8}, \quad (1.8)$$

де $k_2 = f(b/D)$ (крива на рис. 3).

Останніми роками набули поширення здвоєні реактори (рис. 4, б). Такий реактор живить два фідери. Котушки кожної фази включені так, що створювані

ними потоки направлені зустрічно. При номінальному струмі індуктивність (отже, і втрати напруги) кожної з котушок знижується через розмагнічуючу дію іншої. При рівних струмах і коефіцієнті зв'язку, що наближається до одиниці, індуктивність реактора наближалася б до нуля. Звичайно коефіцієнт зв'язку рівний 0,4—0,6. Відповідно зменшуються і втрати напруги. При короткому замиканні на одному з фідерів розмагнічуючою дією котушки іншого фідера, обтічної номінальним струмом, можна нехтувати. Індуктивність і струмообмежуюча дія зведеного реактора виходять такими ж, як у одинарного.

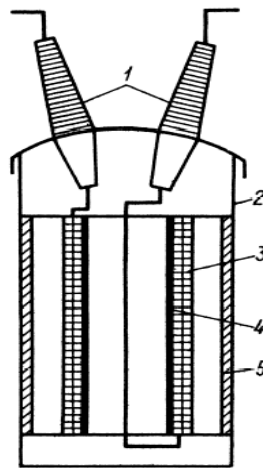


Рис.5 – Загальний вигляд оливного реактору

На напруги до 35 кВ і для внутрішньої установки майже виняткове поширення набули бетонні реактори. Бетонний реактор (рис. 4, а) виконується у вигляді концентрично розташованих витків 1 із спеціального круглого ізольованого багатожильного дроту, залитого в радіально розташовані бетонні колонки 2. Завдяки своїй еластичності дріт демпфує термічні і динамічні зусилля і тим самим частково знімає напруги з бетону. Обмотки реактора на великі струми виконуються з декількох паралельних дротів з транспозицією цих паралелей, що забезпечує рівномірний розподіл струмів.

Кількість колонок визначається діаметром намотування. Основна ізоляція реактора — бетон, який проходить спеціальний технологічний режим і випускається з високими механічними властивостями. Весь реактор після виготовлення піддається сушці, просоченню і покриттю вологостійкими лаками. Кожна колонка реактора встановлюється на опорні ізолятори 3, які забезпечують

ізоляцію від землі і між фазами. Фази можуть бути розташовані вертикально (рис. 4,б), а також горизонтально або східчасто. Всі металеві деталі реактора виконуються з немагнітних матеріалів. При великих струмах застосовується штучне охолодження. На напруги понад 35 кВ і для зовнішньої установки застосовуються оливні реактори (рис. 5). Обмотки 3 з мідних провідників, ізольованих кабельним папером, укладаються на ізоляційні циліндри 4 і розміщуються в баках (баку) 2, що заливаються оливою. Кінці обмотки кожної фази виводяться через прохідні ізолятори 1 назовні. Олива служить і як ізолююче, і як охолоджуюче середовище.

Змінне поле котушок реактора, що замикається через стінки бака, може привести до надмірного нагріву цих стінок. Для зниження нагріву стінок (і оливи) необхідно обмежити магнітний потік, що замикається через них. Для цього служать електромагнітні екрани 5 або магнітні шунти. Електромагнітний екран є мідними (алюмінієві) коротко-замкнутими витками, розташованими концентрично щодо обмотки реактора у стінок бака. Індуковані у витках струми створюють в стінках бака поле, направлене стрічно основному, і майже повністю його компенсують. Нагрів стінок знижується. Магнітним шунтом є пакети листової сталі, укріплені біля стінок бака з внутрішньої його сторони і створюючими штучний магнітопровід з магнітним опором, значно меншим опору стінок бака. Магнітний потік реактора замикається по магнітному шунту, а не через стінки.

2. РОЗРЯДНИКИ

При комутаціях, а також унаслідок атмосферних розрядів в електротехнічних установках виникають імпульси напруги — перенапруження, що істотно перевищують номінальне. Електрична ізоляція устаткування не повинна ушкоджуватися при цьому і вибирається з відповідним запасом. Проте виникаючі перенапруження часто перевищують цей запас, і ізоляція тоді ушкоджується — пробивається, що може привести до важких аварій. Для обмеження виникаючих перенапружень, а отже, і зниження вимог до рівня електричної ізоляції (зниження вартості устаткування) застосовуються розрядники.

Розрядник — це електричний апарат, іскровий проміжок якого пробивається при певному значенні прикладеної напруги, обмежуючи тим самим перенапругення в установці.

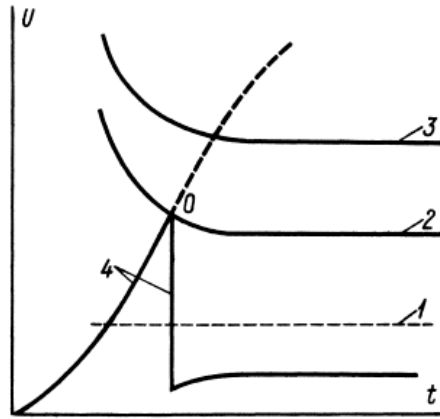


Рис.6 – Вольт-секундні характеристики ізоляції

Розрядник складається з електродів з іскровим проміжком між ними і дугогасильного пристрою. Один з електродів приєднується до ланцюга, що захищається, інший — заземлюється.

Якщо крива 1 (рис. 6) — номінальна напруга, а крива 3 — вольт-секундна характеристика ізоляції устаткування (тобто час, протягом якого ізоляція може витримати дане перенапругення не ушкоджуючись), то вольт-секундна характеристика розрядника повинна визначатися кривою 2. При виникненні перенапругення (крива 4) іскровий проміжок розрядника пробивається раніше (точка 0), ніж ізоляція устаткування. Після пробоя лінія (мережа) заземляється через опір розрядника або накоротко. При цьому напруга на лінії визначається значенням струму через розрядник, опором розрядника і заземлення.

Падіння напруги на розряднику при протіканні імпульсного струму даного значення і форми називається напругою, що залишається. Чим менше ця напруга, тим краще якість розрядника.

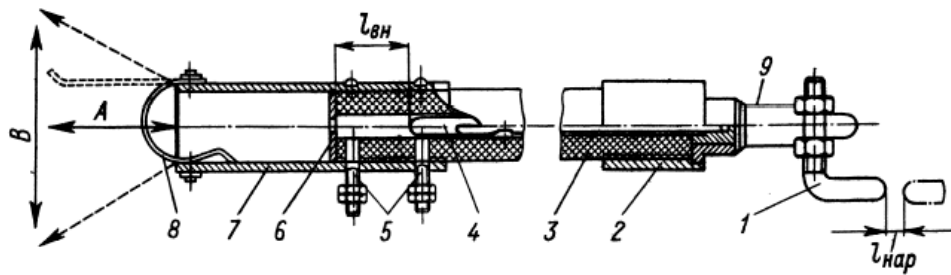


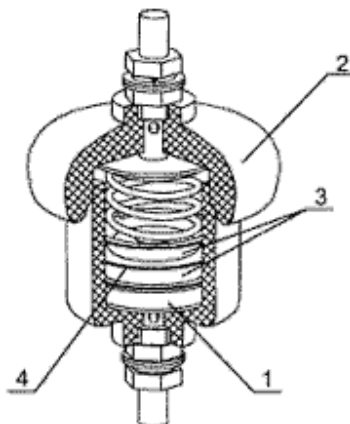
Рис.7 – Загальний вигляд трубчатого розрядника

Після пробною розрядника від імпульсу напруги його іскровий проміжок іонізований і легко пробивається фазною напругою. Виникає коротке замикання на землю, і через розрядник протікає струм промислової частоти, який називається супроводжуючим. Щоб уникнути спрацьовування захисту і відключення устаткування, розрядник повинен відключити супроводжуючий струм в можливо малий час (порядку напівперіоду промислової частоти).

До розрядників пред'являються наступні вимоги:

1. Вольт-секундна характеристика розрядника повинна бути нижчою, ніж ця ж характеристика об'єкту, що захищається.
2. Іскровий проміжок розрядника повинен мати певну гарантовану електричну міцність при промисловій частоті.
3. Залишається напруга на розряднику, що характеризує його обмежуючу здатність, не повинна перевищувати значень, які небезпечні для ізоляції устаткування.
- 4 Супроводжуючий струм повинен відключатися за малий час.
5. Розрядник повинен допускати велике число спрацьовувань без огляду і ремонту.

Розрядник вентиляний РВН



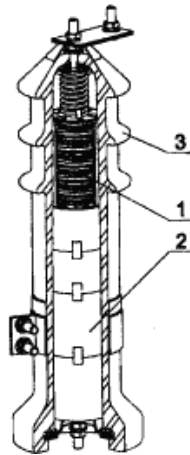
Розрядники вентиляні серії РВН призначені для захисту від атмосферних перенапружень ізоляції електроустаткування змінного струму частотою 50 і 60 Гц. Виготовляються для мереж з будь-якою системою заземлення нейтралі.

Розрядники типу РВН-0.5МНУ1, РВН-0.5МНТ1 і РВНО-0.5МНУ1 соответствують ТУ 16-91 ІВЕЖ. 674321.025 ТУ.

Умови експлуатації:

Розрядники призначені для експлуатації в районах з помірним і тропічним кліматом при температурі навколишнього повітря: від -45 до $+40^{\circ}\text{C}$ - для виконання У1; від -10 до $+50^{\circ}\text{C}$ - для виконання Т1. Висота установки над рівнем моря не більше 1000 м. Відносна вологість повітря: при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ до 100% - для виконання У1; при температурі $+35^{\circ}\text{C}$ до 100% - для виконання Т1. Конструктивно розрядник на напругу 0,5 кВ складається з одиничного іскрового проміжку і робочого нелінійного резистора (1), ув'язнених в герметичний пластмасовий корпус (2). Робочий резистор розрядників володіє нелінійною вольт-амперною характеристикою. Резистор в розрядниках серії РВН виготовлений із спеціальної маси "віліт-2", резистор в розрядниках типу РВНО-0,5 МНУ1 виготовлений на основі окислу цинку. Іскровий проміжок утворений двома фасонними латунними електродами (3), розділеними ізолюючою прокладкою (4). Номінальна напруга, діюча - 0,5 кВ

Розрядник вентиляний РВО-6



Розрядники вентиляні серії РВО призначені для захисту від атмосферних перенапружень ізоляції електроустаткування змінного струму частотою 50 і 60 Гц. Виготовляються для мереж з будь-якою системою заземлення нейтралі.

Розрядники вентиляні типів РВО-6У1, РВО-6Т1 відповідають ТУ 16-521.232-77 і групі IV по ГОСТ 16357-83. Розрядники вентиляні типів РВО-6Н підвищеної надійності і довговічності відповідають ТУ 16-521.022-76 і групі IV по ГОСТ 16357-83. На розрядник одержаний сертифікат відповідності вимогам безпеки №РОС КК.МВ02.В00253, виданий асоціацією "ЕНЕРГОСЕРТ".

Умови експлуатації:

Розрядники призначені для експлуатації в районах з помірним і тропічним кліматом при температурі навколишнього повітря: від -50 до $+55^{\circ}\text{C}$ - для розрядників типів РВО-6Н; від -45 до $+40^{\circ}\text{C}$ - для виконання У1; від -10 до $+50^{\circ}\text{C}$ - для типовиконання Т1; Висота установки над рівнем моря не більше 1000м. Відносна вологість повітря: не більше 98% - - для розрядників типів РВО-6Н; при температурі $+28^{\circ}\text{C}$ до 100% - для виконання У1; при температурі $+35^{\circ}\text{C}$ до 100% - для виконання Т1. Розрядник складається з іскрових проміжків (1) і нелінійних резисторів (2), укладених в герметично закриту фарфорову покритку (3), яка захищає внутрішні елементи розрядника від дії зовнішнього середовища і забезпечує стабільність характеристик.

3. ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ І НАПРУГИ

3.1 Трансформатори струму

Трансформатори струму (ТС) призначені для вимірювання струму і живлення схем захисту, а також для ізолювання ланцюгів вимірювання і захисту від високої напруги. Вони виконуються як для внутрішньої, так і для зовнішньої установки на всю шкалу струмів і напруг.

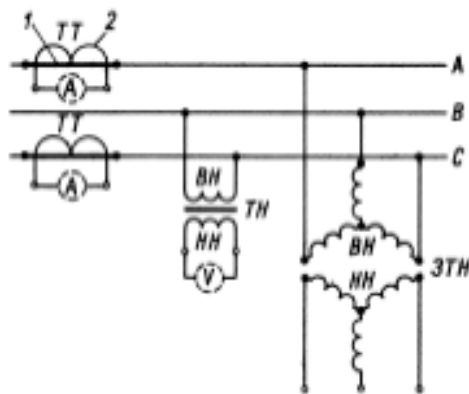


Рис.8 – Схеми вмикання трансформатора струму (ТТ) і трансформатору напруги – однофазного (ТН) і трифазного (ЗТН)

Трансформатор струму має дві обмотки. Первинна обмотка 1 (рис.8) включається послідовно у вимірюваний ланцюг. Струм цієї обмотки і є вимірюваний струм. Вторинна обмотка 2 повинна бути обов'язково замкнута на навантаження (на вимірювальний прилад, ланцюг захисту і т. д.), що не перевершує певного значення. Розімкнений стан вторинної обмотки є аварійним режимом. Оскільки струм первинної обмотки не змінюється при розриві ланцюга вторинної обмотки, то на вторинній обмотці збуджується дуже висока напруга, яка може привести до пробоя ізоляції. Для безпеки роботи у разі пошкодження ізоляції між первинною і вторинною обмотками вторинна обмотка повинна бути, крім того, обов'язково заземлена.

Основними параметрами ТС є наступні.

Номінальна напруга — лінійна напруга системи, в якій трансформатор повинен працювати. Це — напруга, на яку розрахована ізоляція первинної обмотки.

Номінальний первинний і вторинний струм — струм, який трансформатор може пропускати тривало не перегріваючись. Номінальний струм вторинної обмотки стандартизований і може бути 5 або 1 А. Вторинних обмоток може бути декілька з різними номінальними струмами.

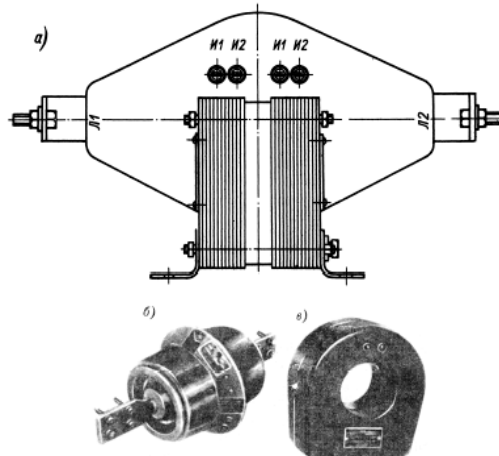
Номінальний коефіцієнт трансформації — відношення номінального первинного струму до номінального вторинного струму.

Похибка. Унаслідок втрат в трансформаторі реальний коефіцієнт трансформації не рівний номінальному. Розрізняють струмову похибку і кутову. Струмова похибка у відсотках визначається виразом:

$$\Delta I = \frac{K_1 I_2 - I_1}{I_1} 100 \quad (3.1)$$

Залежно від значення струмової похибки розрізняють класи точності (0,5; 1). Клас точності говорить про похибку по струму за номінальних умов.

В ідеальному трансформаторі вторинний струм зсунутий по фазі щодо первинного на 180° . В реальному трансформаторі цей кут відрізняється від 180° . Похибка по куту вимірюється в хвилинах.



*Рис.9 – Трансформатори струму з литою компаундною ізоляцією:
а – прохідний опорний котушковий; б – прохідний одновитковий;
в – шинний; Л1, Л2 – первинна обмотка; І1, І2 – вторинна обмотка.*

Номінальне навантаження трансформатора — це опір навантаження в омах, при якому трансформатор працює в своєму класі. Іноді цей термін замінюється номінальною потужністю у вольт-амперах.

Десятипроцентна кратність. Із збільшенням первинного струму вище за номінальне значення похибки трансформатора струму спочатку зменшується, потім по мірі насичення осердя збільшується. Десятипроцентною кратністю трансформатора струму називається таке відношення первинного струму до його номінального значення, при якому струмова похибка досягає значення 10% при заданому вторинному навантаженні з коефіцієнтом потужності 0,8.

Максимальна кратність вторинного струму — відношення найбільшого можливого вторинного струму (при первинному струмі, що не перевищує значення, при якому гарантується стійкість трансформатора до струмів короткого замикання) до номінального значення вторинного струму при номінальному вторинному навантаженні.

Односекундна термічна стійкість — відношення гранично допустимого струму, який трансформатор може витримати без пошкоджень протягом 1 с, до номінального первинного струму при номінальному вторинному навантаженні і температурі навколишнього повітря 4-35 °С, з урахуванням попереднього нагріву трансформатора номінальним струмом.

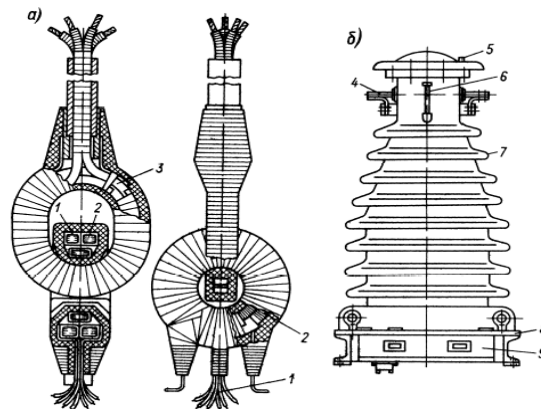


Рис.10 – Трансформатор струму опорний «вісімкового» типу в фарфоровій покришці

Динамічна стійкість — відношення амплітудного значення граничного наскрізного струму короткого замикання, що витримується трансформатором без механічних пошкоджень, до амплітудного значення номінального первинного струму.

Конструкції ТС вельми різноманітні. При цьому всі вони складаються із замкнутого магнітопровода з відповідними обмотками і корпусу. Магнітопровід може бути прямокутний шихтований або тороїдальний, навитий із стрічки. Трансформатор може мати декілька магнітопроводів. При напругах до 35 кВ магнітопровід може служити опорою трансформатора (рис. 9, а). Вторинні обмотки завжди багатовиткові. Первинна обмотка може бути багатовитковою звичайно на струми до 400 А або одновитковою на струми від 600 А і вище. В останньому випадку витком служить шина або стрижень, що проходить через вікно магнітопровода (прохідний ТС — рис. 9, б). Цим же витком може служити шина розподільного пристрою, що пропускається через те ж вікно трансформатора (шинний ТС — рис. 9, в).

Обмотки можуть виконуватися з ізолюваного або голого мідного дроту. Для напруг до 35 кВ широке поширення набула ізоляція первинної обмотки від вторинної і від заземлених деталей литим компаундом на основі епоксидної смоли. Литий ізоляційний корпус (рис. 9) захищає первинну і вторинну обмотки від можливих механічних пошкоджень і проникнення вологи,

На напруги 35 кВ і вище для відкритих установок застосовуються ТС з масляною ізоляцією, В Україні найбільше поширення набули опорні ТС «вісімкового» типу (рис. 10, а). Первинна обмотка 3 і комплект магнітопроводів 2 з вторинними обмотками 1 мають вид двох кілець, зчеплених як ланки ланцюга. Обмотки ізолювані кабельним папером. Первинна обмотка виконується з двох однакових секцій, що сполучаються перемикачем послідовно або паралельно, завдяки чому трансформатор має два номінальні первинні струми, що знаходяться відносно 1 :2. Перемикання здійснюються після відключення первинної обмотки ТС від мережі.

Обмотки розміщуються у фарфоровій покришці 7 (рис. 10,б), заповненій оливою і забезпеченої оливопоказчиком 6 і вентиляційним клапаном 5. Покришка разом з обмотками кріпиться до сталевій підставі 8. Висновки первинної обмотки 4 розташовані у верхній частині покришки, висновки вторинної обмотки — в клемній коробці 9, що знаходиться в підставі.

3.2 Трансформатори напруги

Трансформатори напруги (ТН) призначені для пониження високої напруги (понад 250 В) до якогось стандартного (прийнято 100 В), вживаного для живлення вимірювальних приладів, ланцюгів автоматики, сигналізації і захисних пристроїв. Вони одночасно ізолюють перераховані ланцюги від високої напруги. ТН виконуються як для внутрішньої, так і для зовнішньої установки на всю шкалу напруг (починаючи від 380 В).

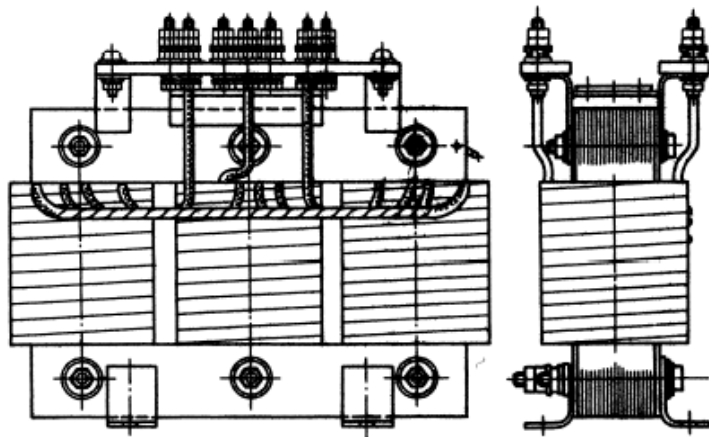


Рис. 11 - Загальний вигляд сухого трифазного трансформатора напруги

Основними параметрами ТН є наступні.

Номінальна напруга обмоток — робоча напруга, на яку розраховані обмотки (указується на щитку). При цьому номінальною напругою трансформатора вважається напруга первинної обмотки.

Номінальний коефіцієнт трансформації — відношення номінальних первинної і вторинної напруг: $K_{U_{ном}} = U_{1ном} / U_{2ном}$

Похибка по напрузі і по куту у відсотках і клас точності (аналогічно тим, що розглядаються вище для ТС):

$$\Delta U = \frac{K_{U_{ном}} U_{2ном} - U_{1ном}}{U_{1ном}} \quad (3.2)$$

Номінальна потужність - потужність, якої трансформатор може бути навантажений в межах класу точності.

Трансформатор напруги має одну обмотку високої напруги (ВН) і одну або дві (основну і додаткову) обмотки низької напруги (НН) і включається по схемі рис.8.

Трансформатори можуть виконуватися сухими (на напругу до 10 кВ і для внутрішньої установки) або оливними (на вищі напруги і для зовнішньої установки).

Загальний вигляд трифазного сухого ТН наведений на рис. 11. На трьохстрижньовому шихтованому магнітопроводі розташовані три первинні і три вторинні обмотки. Обмотки шарові, намотані на відповідні ізоляційні каркаси. Приєднувальні кінці виведені на відповідні ізольовані затиски. Однофазні трансформатори виконуються теж на трьохстрижньових магнітопроводах, крайні стрижні половинного перетину. Котушки (одна ВН і одна НН) розташовуються на середньому стрижні.

В оливних ТН магнітопроводи з обмотками розташовуються або в сталевих баках при напругах до 35 кВ, або у фарфорових покривках, заповнених оливою. При номінальних напругах понад 110 кВ застосовуються каскадні схеми, що дозволяють зменшити габарити і масу трансформаторів. Принципова схема з'єднання обмоток каскадного ТН на 220 кВ складається з двох блоків по 110 кВ (рис. 12, а). Кожний блок складається із стрижньового магнітопровода з обмотаними стрижнями. Обмотка ВН рівномірно розподілена по всіх стрижнях магнітопроводів (рис. 13,б). Обмотки НН (виводи а, х і a_0 , x_0) розташовуються на нижньому стрижні нижнього магнітопровода, що має якнайменший потенціал по відношенню до землі (один кінець Х первинної обмотки заземляється). На решті стрижнів розміщуються проміжні обмотки — вирівнююча П і зв'язуюча Р, необхідні для рівномірного розподілу навантаження вторинних обмоток по всіх стрижнях.

Трансформатори напруги серії НОМ



Трансформатори напруги серії НОМ призначені для роботи в комплекті з вимірювальними приладами і в ланцюгах захисту і сигналізації в електричних системах з номінальною напругою від 6 до 35 кВ включно. Трансформатори є

масштабними перетворювачами і призначені для генерування сигналу вимірювальної інформації для електричних вимірювальних приладів і ланцюгів захисту і сигналізації в мережах з ізольованою нейтраллю.

Трансформатор випробувальний однофазний масляний ІОМ



ІОМ-100 кВ/25 кВА У3 - трансформатор випробувальний однофазний масляний, з номінальною напругою 100 кВ призначений для випробування електроустаткування високою напругою з частотою 50 Гц і може використовуватися як стаціонарно, так і в пересувній високовольтній випробувальній лабораторії. Виготовлений в кліматичному виконанні У і категорії розміщення 3 по ГОСТ 15150. Група з'єднання обмоток 1-1-1/0-0. Трансформатор споживає на холостому ході $5,0 \pm 10\%$ кВА реактивної потужності індуктивного струму. Втрати холостого ходу - $200 \pm 10\%$ Вт. Довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції складає 79 см. Трансформатор витримує без пошкодження багатократні короткі замикання на випробовуваному об'єкті. Маса масла - 65 кг

Трансформатори однофазні оливні ОМП



Знижувальні однофазні силові оливні трансформатори ОМП призначені для перетворення електроенергії напругою 6 або 10кВ забезпечень живлення блоково-комплектних пристроїв катодного захисту магістральних трубопроводів і шляхопроводів і інших споживачів напругою 220В. Трансформатори призначені для внутрішньої і зовнішньої установки. Перемикання відгалужень без збудження. Схема і група з'єднання обмоток 1/1 - 0.

Трансформатори трифазні оливні ТМ, ТМГ



Трифазні оливні трансформатори в гофрованих баках герметичного виконання (ТМГ) або з розширювачем (ТМ) потужністю від 25 до 1000 кВА напруги до 35 кВ. Трансформатори серії ТМ, ТМГ призначені для роботи в умовах помірного, холодного або тропічного клімату. Трансформатори призначені для перетворення електроенергії в мережах енергосистем і споживачів електроенергії. Гофровані баки забезпечують необхідну поверхню охолодження без вживання знімних охолоджувачів, що значно збільшує надійність трансформаторів. Перед запуском в серійне виробництво гофровані баки піддаються механічним випробуванням на циклічність (10000 циклів на

дію максимального і мінімального тиску) для підтвердження їх ресурсу роботи на розрахунковий термін служби трансформатора — 25 років. Трансформатори ТМГ виготовляються в герметичному виконанні, їх внутрішній об'єм не має повідомлення з навколишнім середовищем. Трансформатори повністю заповнені трансформаторною оливою. Розширювач і повітряна або газова "подушка" у цих трансформаторів відсутні. Це значно покращує умови роботи масла, виключає його зволоження, окислення і шламоутворення. Внутрішній об'єм трансформаторів ТМ має повідомлення з навколишнім середовищем, температурні зміни об'єму оливи, що відбуваються під час експлуатації, компенсуються за рахунок об'єму розширювача. Для відчистки від вологи і промислових забруднень повітря, що поступає в трансформатор при температурних коливаннях рівня оливи, розширювач забезпечується сушильником повітря.

Трансформатори трифазні силові масляні ТМЗ



Трансформатори герметичні силові оливні трифазні з природною циркуляцією оливи з регулюванням напруги без збудження (ПБВ), з діапазоном регулювання 2х2,5%, загальнопромислового виконання. Виготовляють для регіонів з помірним кліматом з перепадом температур від -45 до +40°C.

Трансформатори мають плоскошихтовану магнітну систему з високоякісної електротехнічної сталі. Обмотки циліндрові багат шарові, виконані з алюмінієвого дроту.

Трансформатори трифазні масляні фланцеві ТМФ, ТМГФ



Трансформатори оливні даних серій призначені для роботи в електромережах напругою 6 або 10кВ у відкритих електроустановках в умовах помірного клімату (виконання У1 по ГОСТ 15150-69) і служать для пониження високої напруги живлячої електромережі до встановленого рівня споживання. Трансформатори не призначені для роботи в умовах трясіння, вібрацій, ударів, в хімічно активному середовищі. Регулювання напруги в межах $\pm 2 \times 2,5\%$ від номінального значення виконується шляхом перемикання відгалужень на стороні високої напруги за допомогою п'ятисхідчастого рейкового перемикача, привід якого виведений на кришку трансформатора. Перемикання проводяться за відсутності напруги на трансформаторі.

Трансформатори трифазні силові сухі серій ТСЗ, ТСЗН



Трансформатори сухі силові типа ТСН і ТСЗН з обмотками, виготовленими з дротів з ізоляцією «Номекс» класу нагрівостійкості Н (80°С), використовуються в багатьох галузях народного господарства. Трансформатори

призначені для перетворення електричної енергії в електромережах трифазного змінного струму частотою 50Гц і встановлюються в промислових приміщеннях і суспільних будівлях з підвищеними вимогами щодо пожежобезпеки, вибухозахищеності, екологічної чистоти.

Силові трансформатори типа ТСН і ТСЗН виготовляються потужністю від 25 до 2500кВА з номінальною напругою первинної обмотки (високої напруги) до 10 кВ включно і вторинної обмотки (низької напруги) - 0,4кВ.

Умови експлуатації:

- Температура навколишнього повітря: від -5°C до $+40^{\circ}\text{C}$
- Відносна вологість повітря - не більше 98% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$
- Висота установки над рівнем моря - не більше 1000 м
- Навколишнє середовище - вибухонебезпечне, що не містить струмопровідного пилу

Трансформатори трифазні силові сухі серії ТСЗГЛ



Трансформатори силові сухі серії ТСЗГЛ з обмотками з литою ізоляцією типа «Геофоль» - силові знижуючі трифазні двохобмоткові загального призначення нормального конструктивного виконання потужністю від 160 до 2500 кВА напругою до 10кВ, використовуються в багатьох галузях народного господарства. Трансформатори призначені для перетворення електричної енергії в електромережах трифазного змінного струму частотою 50Гц і встановлюються в промислових приміщеннях і суспільних будівлях з підвищеними вимогами в щодо пожежобезпеки, вибухозахищеності, екологічної чистоти. Трансформатори комплектуються обмотками фірми «SIEMENS» і відповідають стандартам МЕК- 76.

Силові трансформатори типу ТСЗГЛ потужністю від 160 до 2500 кВА з номінальною напругою первинної обмотки (високої напруги) до 20 кВ включно і вторинної обмотки (низької напруги) - 0,4 кВ. Регулювання напруги - перемикання без збудження за допомогою переминок на $\pm 5\%$ або $\pm 2,5\%$ УН.

Умови експлуатації:

- Температура навколишнього повітря: від -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- Відносна вологість повітря ~ не більше 98% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- Висота установки над рівнем моря - не більше 1000м;
- Навколишнє середовище - вибухонебезпечне, що не містить струмопровідного пилу.

4. АВТОМАТИЧНІ ВИМИКАЧІ. ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ, СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

ABB Серія S230R

Ціна: однополюсного вимикача S231R C16 — \$3,3



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів (Росія — Німеччина)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 4,5 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: С.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 6-40 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 10000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 17,5x85x68 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 17,5 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: металеві деталі механізму розчіплення, омідніння пластини дугогасильної камери; паз для шильдіка; можливість підключення кабелю і струмових шин як зверху, так і знизу приладу одночасно.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ. Серія складається з 1-, 2-, 3- і 4-полюсних вимикачів на номінальні струми від 6 до 40 А. Кількість полюсів, або елементарних модулів, сполучених разом, позначає остання цифра в маркуванні. В багатополісній конструкції важелі скріплюють планкою, утворюючи одну широку ручку. Крім цього, крізь механізми розчіплення проходить непомітна зовні пластина, яка розмикає всі модулі разом при спрацьовуванні захисту в будь-якому з них. Особливим є механізм розчіплення, що складається тільки з металевих деталей, і дугогасильна камера з товстих покритих міддю пластин. Вважається, що цей матеріал краще всього підходить для розриву дуги і її гасіння. Внутрішній пристрій вимикача виконаний з високою німецькою якістю. Проте автоматів цієї серії виробництва Німеччини або Італії немає на українському ринку. Є тільки російського виробництва (Санкт-Петербург) на лінії концерну АВВ. Зустрічаються і підробки, зроблені в підпільних цехах Росії або Китаю. Від оригіналу їх відрізняє цілий ряд ознак. «Найвагоміший» полягає в тому, що справжній вимикач з мідними деталями не може бути легким — S231R типа C40 важить 125 г.

General Electric Серія G60

Ціна: однополюсного вимикача C16 — \$3,8.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів (Угорщина)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 6 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: B, C, D.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 2-63 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 10000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 18x90x68 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 18 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: можливість підключення до нижніх клем і кабелю, струмових шин.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ. Пристрій General Electric такий же, як у більшості аналогів. Тобто у них є біметалічна пластина із зворотною часо-струмовою характеристикою відключення, електромагнітний розчіплювач і дугогасильна камера. Але в звичній конструкції при короткому замиканні в перший момент струм продовжує йти по колишньому шляху, тільки додається повітряний проміжок між контактами, заповнений дуговим розрядом. Потім дуга зміщується в камеру, і поки вона не згасне, струм тектиме по біметалічній пластині, соленоїду і камері. Особливість серії G в тому, що завдяки іншому розташуванню цих елементів соленоїд не тільки механічно роз'єднує контакти, але своїм електромагнітним полем «здуває» з них дугу на металеву смужку, по якій вона «з'їжджає» в камеру. Це

призводить до дуже малого, але все-таки зменшення часу горіння дуги на контактах. Коли розряд потрапляє в камеру, шлях струму короткого замикання змінюється. Він більше не проходить по біметалічній пластині, що також покращує відключаючу здатність і, поза сумнівом, позитивно впливає на надійність пристрою. З позитивної сторони ці «автомати» характеризує і велика кількість пластин в дугогасильній камері — їх там 13 штук.

Корр Серія Green Electric

Ціна: однополюсного вимикача B16 — \$3,3.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів (Німеччина)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 10 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: В, С.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 6-63 А (тип В); 0,5-63 А (тип С).

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 20000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 18x90x68 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 18 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: об'єднаний вузол теплового і електромагнітного розчіплювачів; відсутність гнучких з'єднань; важіль з проміжним положенням; колірна індикація положення контактів головного ланцюга; мідні пластини дугогасильної камери; паз для шильдіка; можливість підключення і кабелю, і струмових шин.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ. Фахівці фірми Корр створили автоматичний вимикач, конструкція якого істотно відрізняється від традиційної. Зовні він такий же, як аналоги, але, розглядаючи внутрішній пристрій, ми не знайдемо звичної біметалічної пластини. І це при тому, що в «автоматі» присутні і тепловий, і електромагнітний розчіплювачі. Але невелика біметалічна пластина все ж таки є, вона розташована в підставі електромагнітної котушки. Струм по ній не проходить, вона нагрівається від тепла, що виділяється обмотками соленоїда. Таке рішення виключає з конструкції гнучкі провідники, зменшує нагрів вимикача і знижує втрати електроенергії в самому приладі приблизно на 30%. В практиці нерідко трапляється, що традиційний тепловий розчіплювач проміжного полюса (модуля) вимикається при номінальному режимі тільки через нагрів сусідніх полюсів. Моделі Корр серії Green Electric позбавлені цього недоліку. Ще одна особливість — трьохпозиційний важіль. При ручному виключенні він фіксується в положення «OFF», а якщо «автомат» спрацьовує від перевантаження або короткого замикання, то зупиняється в проміжній позиції «Reset».

Legrand Серія Lexic DX

Ціна: двополюсного вимикача (струм 16 А, витік 30 мА) — \$42,4.



Автоматичні вимикачі, керовані диференціальним струмом, з вбудованим захистом від надструмів (Франція)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 6 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: С.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 10-63 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 2, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 10000 циклів.

НОМІНАЛЬНИЙ ВІДКЛЮЧАЮЧИЙ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ СТРУМ: 10, 30, 300 мА.

РОЗМІРИ: двополюсного вимикача — 71х83х70 мм; чотирьохполюсного (з номінальним струмом до 32 А) — 71х83х70 мм; чотирьохполюсного (з номінальним струмом 40, 50 і 63 А) — 125х83х70 мм (остання цифра в розмірах — від площини DIN-рейки).

ОСОБЛИВОСТІ: комбінація автоматичного вимикача і пристрою захисного відключення; прозоре віконце для етикетки на всю ширину приладу; можливість підключення до нижніх клем і кабелю, і струмових шин; шторка, що закриває струмоведучі частини клеми при її затягуванні.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

Ці комбіновані прилади містять в одному корпусі звичний автоматичний вимикач, що спрацьовує на перевантаження і коротке замикання, а також пристрій захисного відключення, що реагує на витік. Під витоком розуміється різниця значень струму, який поступає споживачу, і струму, який повертається в мережу. В правильно складеній схемі домашньої електромережі кожен ліній захищають «автоматом» і пристроєм захисного вимикання (ПЗВ). Тому логічна поява на ринку пристроїв, об'єднуючих функції і того, і іншого. Lexis DX вигідний ще і тим, що чотирьохполюсні варіанти з номінальними струмами майже до 32 А займають мінімум місця в розподільній шафі — всього чотири стандартні модулі по 17,5 мм. Потужніші моделі в цьому ряду мають ширину вже семи модулів.

Moeller Серія Xclear CLS6

Ціна: однополюсного вимикача CLS6 C16 — \$3,4.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів (Німеччина або Австрія)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 6 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: В, С.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 6-63 А (тип В); 2-63 А (тип С).

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 8000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 17,5x80x66 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 17,5 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: важіль з проміжним положенням; колірна індикація положення контактів головного ланцюга; можливість підключення і кабелю, і струмових шин.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

До складу концерну Moeller недавно увійшла компанія «Фельтен і Гийом», відома в Росії ще з дореволюційних часів. Тому на маркуванні «автомата» присутній також значок «F&G». Внутрішні деталі відрізняють висока точність виготовлення і хороша якість збірки. Розробники не прагнули заощадити на матеріалах — струмоведучі провідники виконані з міді. З неї зроблені навіть грати на виході, що обмежують викид іскр. Температурну стійкість і незмінність геометрії дугогасильної камери забезпечує фторопластовий утримувач пластин. Клеми мають «двоповерховий» вигляд, що допускає одночасне підключення кабелю і шин. На них нанесено напилення, що дозволяє використовувати як

мідний, так і алюмінієвий дріт. Важіль приладу при ручному відключенні чітко займає позицію «OFF», а при автоматичному — нефіксоване положення між крайніми крапками.

ВА 24-29

Ціна: однополюсного вимикача С16 — \$0,9.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів («Електроавтомат», Росія)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 4,5 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: В, С, D.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 230/ 400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 5-63 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 10000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 17,5x85x66 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 17,5 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: планка-адаптер для монтажу вимикача не на DIN-рейку, а замість «автомата» старого покоління серії АЕ.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

Рядові споживачі тепер мають нагоду скористатися продукцією підприємства, довгі роки працюючого тільки на авіаційну і космічну промисловість. Сьогодні його «автомати» і ПЗВ рятують будинки, життя наших громадян, а разом і бюджет «електроавтомата». ВА 24-29 зовні не так витончені, як зарубіжні аналоги (зокрема, залишає бажати кращого маркування), проте всередині все зроблено якісно. Хоч матеріали застосовуються не найсучасніші, в ряді випадків

конструкція від цього тільки виграс. «Застаріла» мідь пластин дугогасильної камери — те, що потрібне для надійно працюючого приладу. В камері 11 пластин. Не пошкодували і срібла на головний контакт. До речі, в 2000 році старання розробників були відзначені «Срібним знаком» на виставці-конкурсі «Всеросійська марка».

ВА 60-26

Ціна: однополюсного вимикача С16 — \$1,3.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів («Тираспільський електроапаратний завод», Молдова)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 3 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: В, С, D.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: 220/ 440 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 6,3-40 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 10000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 12,5x85x61 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 12,5 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: зменшена ширина корпусу; металеві деталі механізму розчіплення.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

Молдавський ВА 60-26 повторює деякі рішення, втілені в апараті Siemens старої конструкції, яка в даний час відрізняється від загальноприйнятої. Зокрема, в електромагнітному розчіплювачі рухається не осердя, а пластина, що притягається їм. Інший момент: якщо звичайно дугогасильна камера

знаходиться в стороні від головного контакту, то тут вона оточує його з трьох сторін. Об'єм камери набагато менший, ніж у більшості інших «автоматів», і містить тільки чотири пластини. Механізм розчіплення металевий, якісний. «Автомати» не позбавлені типово «радянських» недоліків. На клемних майданчиках немає насічок або ребер для кращої фіксації дротів. Застосовуються гвинти під плоский шліц, хоча загальноприйнятим став хрестоподібний. (Слід особливо відзначити, що підприємство випускає також серію ВА 66-29 з шириною модуля 17,5 мм, в якій ці недоліки вже відсутні.) Ще момент, що стосується монтажу. Будь-які пристрої інших виробників, змонтовані на DIN-рейке, шикуються в ряд, що дозволяє закрити декоративною панеллю всі нутрощі розподільної шафки, залишивши доступними тільки центральні частини з органами управління. Лише ВА 60-26 розташовуються із значним зсувом донизу, абсолютно не вписуючись у вирізи панелі. Проте у цих виробів є і велика перевага — вузькі «автомати» легше розташовувати, коли місця в розподільному пристрої недостатньо.

ДЕК Серія ВА-101 (Ельф)/ ІНТЕС Серія АВ 47-60/ ІЕК Серія ВА 47-29

Ціна: однополюсного вимикача С16 — \$1,0/ \$1,1/ \$1,45.



Автоматичні вимикачі для захисту від надструмів (Росія — Китай)

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ВІДКЛЮЧАЮЧА ЗДАТНІСТЬ: 3/ 6/ 4,5 кА.

ТИП ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДКЛЮЧЕННЯ: В, С, D.

НОМІНАЛЬНА НАПРУГА ЗМІННОГО СТРУМУ: ДЕК — 230/ 400 В;
ІНТЕС — 240/ 415 В; ІЕК — 230/400 В.

НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ: 1-63 А.

ЧИСЛО ПОЛЮСІВ: 1, 2, 3, 4.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ (при номінальному струмі): 6000 циклів.

РОЗМІРИ: однополюсного вимикача — 18x77x70 мм (остання цифра — від площини DIN-рейки); у інших ширина кратна 18 мм.

ОСОБЛИВОСТІ: традиційна конструкція; планка-адаптер (пропонується фірмами ІЕК і ДЕК) для монтажу вимикача не на DIN-рейку, а замість «автомата» старого покоління серії АЕ.

СПОЖИВАЦЬКИЙ АНАЛІЗ

Описи автоматичних вимикачів трьох торгових марок довелося об'єднати, оскільки при «розкритті» виявилось, що всередині вони абсолютно однакові (зразки були надані самими утримувачами торгових марок, так що про підробки не може бути і мови). Мало того, з сертифікатів відповідності видно: проводять їх в КНР. Помітні лише невеликі відмінності у вживаних матеріалах. Наприклад, майданчик нерухомого контакту у ІНТЕС мідний, а у ДЕК і ІЕК має «сріблясте» покриття з олова-вісмуту. Пластина, по якій дуга ковзає в камеру, у ДЕК — сталева, покрита міддю, а у інших — «залізна». Щоб з'ясувати, як поведеться пластмаса механізмів розчіплення при високій температурі, був проведений простий тест — три зразки варилися в киплячій воді протягом години (до речі, майже по ГОСТу, згідно якому термостійкість перевіряють в гарячій камері при температурі 100 градусів за той же період часу). Ніяких негативних наслідків це випробування не мало. Залишилося незрозумілим, чому виробники заявляють різні значення відключаючої здатності. До речі, ГОСТ вимагає, щоб автоматичний вимикач витримав під навантаженням номінальним

струмом 4000 циклів розмикання-замикання контактів уручну. Зовні «автомати» виглядають як близнята. Корпуси розрізняються тільки маркуванням. Виробники постаралися і на бічній поверхні віддрукували тисненням додаткову інформацію – індивідуальну для кожного замовника.

5 ДАТЧИКИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ДАТЧИКІВ, ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО НИХ

Автоматизація різних технологічних процесів, ефективне управління різними агрегатами, машинами, механізмами вимагають численних вимірювань різноманітних фізичних величин. Датчики (в літературі часто звані також вимірювальними перетворювачами), або по-іншому, сенсори є елементами багатьох систем автоматики - з їх допомогою одержують інформацію про параметри контрольованої системи або пристрою.

Датчик – це елемент вимірювального, сигнального, регулюючого або управляючого пристрою, що перетворює контрольовану величину (температуру, тиск, частоту, силу світла, електричну напругу, струм і т.д.) в сигнал, зручний для вимірювання, передачі, зберігання, обробки, реєстрації, а іноді і для дії ним на керовані процеси. Або простіше, датчик – це пристрій, що перетворює вхідну дію будь-якої фізичної величини в сигнал, зручний для подальшого використання. Датчики, що використовуються, вельми різноманітні і можуть бути класифіковані за різними ознаками:

Залежно від виду вхідної (вимірюваної) величини розрізняють: датчики механічних переміщень (лінійних і кутових), пневматичні, електричні, витратоміри, датчики швидкості, прискорення, зусилля, температури, тиск і ін. У даний час існує приблизно наступний розподіл частки вимірювань різних фізичних величин в промисловості: температура – 50%, витрата (масовий і об'ємний) – 15%, тиск – 10%, рівень – 5%, кількість (маса, об'єм) – 5%, час – 4%, електричні і магнітні величини – менше 4%.

За видом вихідної величини, в яку перетвориться вхідна величина, розрізняють *неелектричні* і *електричні*: *датчики постійного струму* (ЕДС або напруги), *датчики амплітуди змінного струму* (ЕДС або напруги), *датчики частоти змінного струму* (ЕДС або напруги), *датчики опору* (активного, індуктивного або місткості) і ін.

Більшість датчиків є електричними. Це обумовлено наступними достоїнствами електричних вимірювань:

- електричні величини зручно передавати на відстань, причому передача здійснюється з високою швидкістю;
- електричні величини універсальні в тому значенні, що будь-які інші величини можуть бути перетворені в електричні і навпаки;
- вони точно перетворюються в цифровий код і дозволяють досягти високої точності, чутливості і швидкодії засобів вимірювань.

За принципом дії датчики можна розділити на два класи: *генераторні* і *параметричні* (*датчики-модулятори*).

Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини в електричний сигнал.

Параметричні датчики вхідну величину перетворюють в зміну якого-небудь електричного параметра (R , L або C) датчика.

За принципом дії датчики також можна розділити на *омічні*, *реостатні*, *фотоелектричні* (оптико-електронні), *індуктивні*, *ємності* і т.і.

Розрізняють три класи датчиків:

- *аналогові датчики*, тобто датчики, що виробляють аналоговий сигнал, пропорційно зміні вхідної величини;
- *цифрові датчики*, що генерують послідовність імпульсів або двійкове слово;

- бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів: "включено/вимкнено" (інакше кажучи, 0 або 1); набули широке поширення завдяки своїй простоті.

Вимоги до датчиків:

- однозначна залежність вихідної величини від вхідної;
- стабільність характеристик в часі;
- висока чутливість;
- малі розміри і маса;
- відсутність зворотної дії на контрольований процес і на контрольований параметр;
- робота за різних умов експлуатації;
- різні варіанти монтажу.

Параметричні датчики

Параметричні датчики (датчики-модулятори) вхідну величину X перетворюють в зміну якого-небудь електричного параметра (R , L або C) датчика. Передати на відстань зміну перерахованих параметрів датчика без енергонесучого сигналу (напруги або струму) неможливо. Виявити зміну відповідного параметра датчика тільки і можна по реакції датчика на струм або напругу, оскільки перераховані параметри і характеризують цю реакцію. Тому для роботи параметричних датчиків необхідні спеціальні вимірювальні ланцюги з живленням постійним або змінним струмом.

Омічні (резисторні) датчики – принцип дії заснований на зміні їх активного опору при зміні довжини l , площі перетину S або питомого опору ρ :

$$R = \frac{\rho l}{S} \quad (5.1)$$

Крім того, використовується залежність величини активного опору від контактного тиску і освітленості фотоелементів. Відповідно до цього омічні

датчики ділять на: *контактні, потенціометри (реостатні), тензорезисторні, терморезисторні, фоторезистори.*

Контактні датчики — це простий вид датчиків резисторів, які перетворюють переміщення первинного елементу в стрибкоподібну зміну опору електричного ланцюга.

За допомогою контактних датчиків вимірюють і контролюють зусилля, переміщення, температуру, розміри об'єктів, контролюють їх форму і т.д. До контактних датчиків відносяться *шляхові і кінцеві вимикачі, контактні термометри і так звані електродні датчики*, що використовуються в основному для вимірювання граничних рівнів електропровідних рідин.

Контактні датчики можуть працювати як на постійному, так і на змінному струмі. Залежно від меж вимірювання контактні датчики можуть бути одне граничними і багатограничними (рис. 12). Останні використовують для вимірювання величин, що змінюються в значних межах, при цьому частини резистора R , включеного в електричний ланцюг, послідовно замикаються.

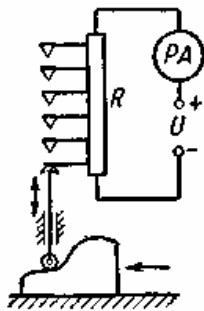


Рис. 12 – Багатограничний контактний датчик

Недолік контактних датчиків — складність здійснення безперервного контролю і обмежений термін служби контактної системи. Але завдяки граничній простоті цих датчиків їх широко застосовують в системах автоматики. Реостатні датчики є резистором з активним опором, що змінюється (рис.13). Вхідною величиною датчика є переміщення контакту, а вихідний — зміна його

опору. Рухомий контакт механічно пов'язаний з об'єктом, переміщення (кутове або лінійне) якого необхідно перетворити.

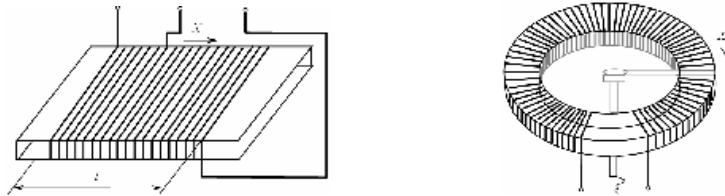


Рис. 13 – Конструкція реостатних датчиків лінійного і кутового переміщення

Найбільше поширення набула схема потенціометра включення реостатного датчика, в якій реостат включають по схемі дільника напруги. Нагадаємо, що дільником напруги називають електротехнічний пристрій для розподілу постійної або змінної напруги на частини; дільник напруги дозволяє знімати (використовувати) тільки частину наявної напруги за допомогою елементів електричного ланцюга, що складається з резисторів, конденсаторів або котушок індуктивності. Змінний резистор, що включається по схемі дільника напруги, називають потенціометром. Вимірювальний ланцюг потенціометра для датчика резистора приведений на рис. 14.

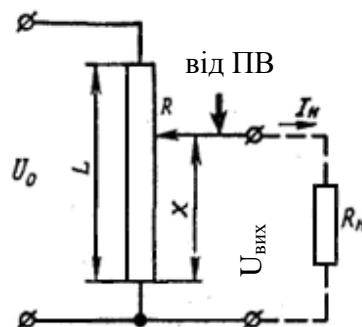


Рис. 14 – Схема потенціометра включення реостатного датчика

Звичайно реостатні датчики застосовують в механічних вимірювальних приладах для перетворення їх показники в електричні величини (струм або напруга), наприклад, у вимірниках поплавців рівня рідин, різних манометрах і т.п.

Датчик у вигляді простого реостата майже не використовується унаслідок значної нелінійності його статичної характеристики $I_n = f(x)$, де I_n - струм в навантаженні.

Вихідною величиною такого датчика є падіння напруги $U_{\text{вих}}$ між рухомих і одним з нерухомих контактів. Залежність вихідної напруги від переміщення x контакту $U_{\text{вих}} = f(x)$ відповідає закону зміни опору уздовж потенціометра. Закон розподілу опору по довжині потенціометра, визначуваний його конструкцією, може бути лінійним або нелінійним.

Датчики потенціометрів, що конструктивно є змінними резисторами, виконують з різних матеріалів — обмотувального дроту, металевих плівок, напівпровідників і т.д.

Тензорезистори (*тензометричні датчики*) служать для вимірювання механічних напруг, невеликих деформацій, вібрації. Дія тензорезисторів заснована на тензоефекті, полягаючому в зміні активного опору провідникових і напівпровідникових матеріалів під впливом докладених до них зусиль.

Термометричні датчики (*терморезистори*) - опір залежить від температури. Терморезистори як датчики використовують двома способами:

1) Температура терморезистора визначається навколишнім середовищем; струм, що проходить через терморезистор, настільки малий, що не викликає нагріву терморезистора. При цій умові терморезистор використовується як датчик температури і часто називається «термометром опору».

2) Температура терморезистора визначається ступенем нагріву постійним по величині струмом і умовами охолодження. В цьому випадку стала температура визначається умовами тепловіддачі поверхні терморезистора (швидкістю руху навколишнього середовища – газу або рідини – щодо терморезистора, її густиною,

в'язкістю і температурою), тому терморезистор може бути використаний як датчик швидкості потоку, теплопровідності навколишнього середовища, густині газів і т.п. В датчиках такого роду відбувається як би двухступеневе перетворення: вимірювана величина спочатку перетвориться в зміну температури терморезистора, яка потім перетвориться в зміну опору.

Вимірювання витрати можна здійснити електронним шляхом, застосовуючи як датчик резистор, що самонагрівається. Опір такого резистора змінюється унаслідок охолодження потоком, внаслідок чого резистор діє як датчик витрати. На рис. 15 показано омичний опір (елемент датчика) в каналі потоку.

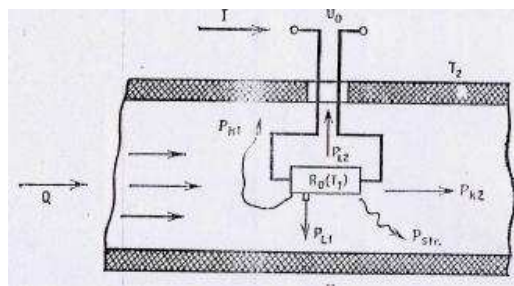


Рис 15 – Схематичне зображення процесів теплопередачі від резистора, що самонагрівається, в каналі потоку

Терморезистори виготовляють як з чистих металів, так і з напівпровідників. Матеріал, з якого виготовляється такі датчики, повинен мати високий температурний коефіцієнт опору, по можливості лінійною залежністю опору від температури, хорошим відтворенням властивостей і інертністю до дій навколишнього середовища. Найбільшою мірою всім вказаним властивостям задовольняє платина; в трохи меншій – мідь і нікель. В порівнянні з металевими терморезисторами вищою чутливістю володіють напівпровідникові терморезистори (термістори).

Індуктивні датчики служать для безконтактного отримання інформації про переміщення робочих органів машин, механізмів, роботів і т.п. і перетворення цієї інформації в електричний сигнал.

Принцип дії індуктивного датчика заснований на зміні індуктивності обмотки на магнітопроводі залежно від положення окремих елементів магнітопровода (якоря, сердечника і ін.). В таких датчиках лінійне або кутове переміщення X (вхідна величина) перетворюється в зміну індуктивності (L) датчика. Застосовуються для вимірювання кутових і лінійних переміщень, деформацій, контролю розмірів і т.д.

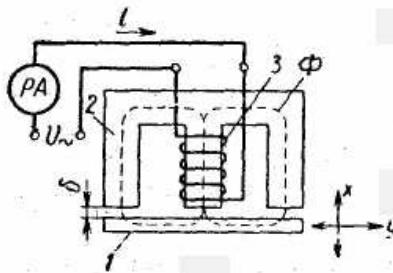


Рис 16 – Індуктивний датчик

У простому випадку індуктивний датчик є котушкою індуктивності з магнітопроводом, рухомий елемент якого (якір) переміщається під дією вимірюваної величини (рис. 5). При переміщенні якоря у вказаних на рис. 16 напрямках збільшується довжина повітряного зазора δ . Це приводить до збільшення магнітного опору магнітопровода і до зменшення магнітного потоку, що і виражається в зменшенні індуктивності L котушки 3. Оскільки індуктивний датчик є параметричним, то для перетворення зміни L в зміну струму використовують різні вимірювальні ланцюги. Найпростішими є схеми, в яких зміна L виявляється в зміні індуктивного опору ωL , тому живлення вимірювальних ланцюгів з індуктивними датчиками звичайно здійснюють змінною напругою. Струм в такому ланцюзі визначається виразом

$$I = \frac{U_i}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}}, \quad (5.2)$$

де U_i і I - діючі значення напруги живлення і струму в навантаженні.

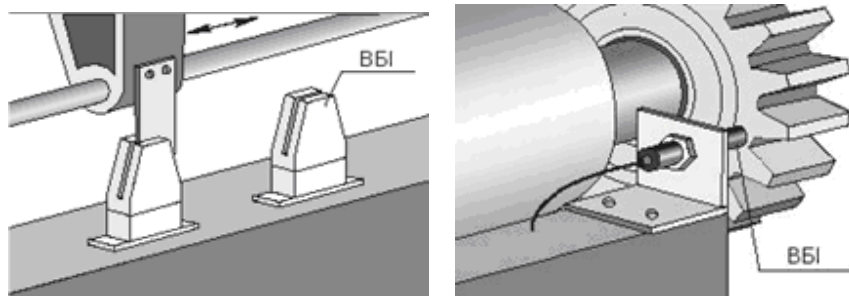


Рис. 17 – Приклади використання індуктивного датчика (BBI – вимикач безконтактний індукційний)

На рис. 17 представлені приклади вживання індуктивних датчиків, таких як датчик положення, кута, швидкості. Індуктивний датчик розпізнає і відповідно реагує на всі струмопровідні предмети. Індуктивний датчик є безконтактним, не вимагає механічної дії, працює безконтактно за рахунок зміни електромагнітного поля.

Переваги:

- немає механічного зносу, відсутні відмови, пов'язані із станом контактів
- відсутній брязкіт контактів і помилкові спрацьовування
- висока частота перемикань до 3000 Hz
- стійкий до механічних дій

Недоліки - порівняльно мала чутливість, залежність індуктивного опору від частоти живлячої напруги, значна зворотна дія датчика на вимірювану величину (за рахунок тяжіння якоря до осердя).

Датчики ємностей - принцип дії заснований на залежності електричної ємності конденсатора від розмірів, взаємного розташування його обкладань і від діелектричної проникності середовища між ними.

Для двохобкладкового плоского конденсатора (рис. 18) електрична ємність визначається виразом:

$$C = \epsilon_0 S/h \quad (5.3)$$

де ϵ_0 - діелектрична постійна; ϵ - відносна діелектрична проникність середовища між обкладками; S - активна площа обкладань; h - відстань між обкладаннями конденсатора.

Залежності $C(S)$ і $C(h)$ використовують для перетворення механічних переміщень при зміні ємності.

Датчики ємностей, також як і індуктивні, живляться змінною напругою (звичайно підвищеної частоти - до десятків мегагерц). Як вимірювальні схеми звичайно застосовують мостові схеми і схеми з використанням резонансних контурів. В останньому випадку, як правило, використовують залежність частоти коливань генератора від ємності резонансного контура, тобто датчик має частотний вихід. Достоїнства датчиків ємностей - простота, висока чутливість і мала інерційність. Недоліки - вплив зовнішніх електричних полів, відносна складність вимірювальних пристроїв.

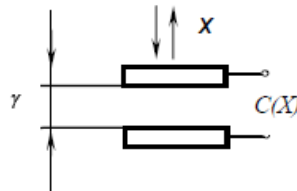


Рис. 18 – Конструкція датчика ємності

Датчики ємностей застосовують для вимірювання кутових переміщень, дуже малих лінійних переміщень, вібрацій, швидкості руху і т. д., а також для відтворення заданих функцій (гармонійних, пилкоподібних, прямокутних і т. п.).

Перетворювачі ємностей, діелектрична проникність ϵ яких змінюється за рахунок переміщення, деформації або зміни складу діелектрика, застосовують як датчики рівня непровідних рідин, сипких і порошкоподібних матеріалів, товщини шару непровідних матеріалів (товщиноміри), а також контролю вогкості і складу речовини (рис. 19).

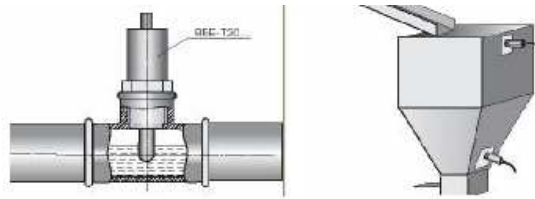


Рис. 19 – Приклади використання датчика ємності (ВБЄ – вимикач безконтактний ємності)

Датчики – генератори

Генераторні датчики здійснюють безпосереднє перетворення вхідної величини X в електричний сигнал. Такі датчики перетворюють енергію джерела вхідної (вимірюваної) величини відразу в електричний сигнал, тобто вони є як би генераторами електроенергії (звідки і назва таких датчиків - вони генерують електричний сигнал). Додаткові джерела електроенергії для роботи таких датчиків принципово не потрібні (проте додаткова електроенергія може потрібно для посилення вихідного сигналу датчика, його перетворення в інші види сигналів і інших цілей). Генераторними є термоелектричні, п'єзоелектричні, індукційні, фотоелектричні і багато інших типи датчиків.

Індукційні датчики перетворюють вимірювану неелектричну величину в ЕДС індукції. Принцип дії датчиків заснований на законі електромагнітної індукції. До цих датчиків відносяться тахогенератори постійного і змінного струму, що є невеликими електромашинними генераторами, у яких вихідна напруга пропорційна кутовій швидкості обертання валу генератора.

Тахогенератори використовуються як датчики кутової швидкості. Тахогенератор (рис. 20) є електричною машиною, що працює в генераторному режимі. ЕДС, що при цьому виробляється, пропорційна швидкості обертання і величині магнітного потоку. Крім того, із зміною швидкості обертання змінюється частота ЕДС. Застосовуються як датчики швидкості (частоти обертання).

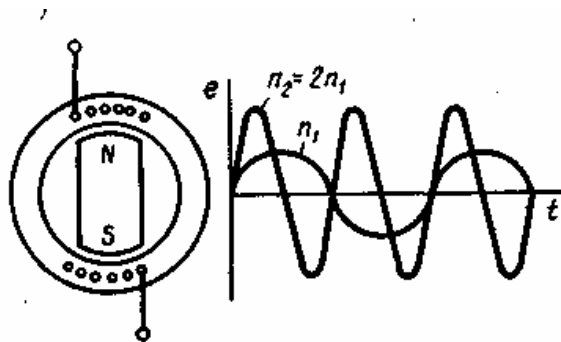


Рис. 20 – Синхронний тахогенератор

Температурні датчики

У сучасному промисловому виробництві найпоширенішими є вимірювання температури (так, на атомній електростанції середнього розміру є близько 1500 точок, в яких проводиться таке вимірювання, а на крупному підприємстві хімічної промисловості подібних крапок присутня понад 20 тис.). Широкий діапазон вимірюваних температур, різноманітність умов використання засобів вимірювань і вимог до них визначають різноманіття вживаних засобів вимірювання температури. Якщо розглядати датчики температури для промислового застосування, то можна виділити їх основні класи: кремнієві датчики температури, біметалічні датчики, рідинні і газові термометри, термоіндикатори, термістори, термопари, термоперетворювачі опори, інфрачервоні датчики.

Кремнієві датчики температури використовують залежність опору напівпровідникового кремнію від температури. Діапазон вимірюваних температур $-50...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Застосовуються в основному для вимірювання температури усередині електронних приладів.

Біметалічний датчик зроблений з двох різнорідних металевих пластин, що скріплюють між собою. Різні метали мають різний температурний коефіцієнт

розширення. Якщо сполучені в пластину метали нагрівати або охолодити, то вона зігнеться, при цьому замкне (розімкне) електричні контакти або переведе стрілку індикатора. Діапазон роботи біметалічних датчиків $-40\dots+55^{\circ}\text{C}$. Використовуються для вимірювання поверхні твердих тіл і температури рідин. Основні області вживання – автомобільна промисловість, системи опалювання і нагріву води.

Термоіндикатори – це особливі речовини, що змінюють свій колір під впливом температури. Зміна кольору може бути оборотною і необоротною. Проводяться у вигляді плівок.

Термоперетворювачі опору

Принцип дії термоперетворювачів опору (терморезисторів) заснований на зміні електричного опору провідників і напівпровідників залежно від температури (розглянутий раніше). Платинові терморезистори призначені для вимірювання температур в межах від -260 до 1100°C . Широке поширення на практиці набули дешевші мідні терморезистори, що мають лінійну залежність опору від температури. Недоліком міді є невеликий її питомий опір і легка окисляємість при високих температурах, унаслідок чого кінцева межа вживання мідних термометрів опору обмежується температурою 180°C . По стабільності і відтворюваності характеристик мідні терморезистори поступаються платиновим. Нікель використовується в недорогих датчиках для вимірювання в діапазоні кімнатних температур.

Напівпровідникові терморезистори (термістори) мають негативний або позитивний температурний коефіцієнт опору, значення якого при 20°C складає $(2\dots 8)\cdot 10^{-2}^{\circ}\text{C}^{-1}$, тобто на порядок більше, ніж у міді і платини. Напівпровідникові терморезистори при вельми малих розмірах мають високі значення опору (до 1 МОм). Як напівпровідникового матеріалу використовуються оксиди металів: напівпровідникові терморезистори типів КМТ - суміш оксидів кобальту і марганцю і ММТ – міді і марганцю.

Напівпровідникові датчики температури володіють високою стабільністю характеристик в часі і застосовуються для зміни температур в діапазоні від -100 до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Термоелектричні перетворювачі (термопари) - принцип дії термопар заснований на термоелектричному ефекті, який полягає в тому, що за наявності різниці температур місць з'єднань (спаїв) двох різнорідних металів або напівпровідників в контурі виникає електрорушійна сила, звана термоелектрорухомою (скорочено Термо-ЕДС). В певному інтервалі температур можна вважати, що термо-ЕДС прямо пропорційна різниці температур $T = T_1 - T_0$ між спаєм 1 і кінцями 2 термопари (рис. 21). Сполучені між собою кінці 1 термопари, занурювані в середу, температура якої вимірюється, називають робочим кінцем термопари. Кінці 2, які знаходяться в навколишньому середовищі, і які звичайно приєднують дротами до вимірювальної схеми, називають вільними кінцями. Температуру цих кінців необхідно підтримувати постійною. При цій умові термо-ЕДС E_T залежатиме тільки від температури T_1 робочого кінця.

$$U_{\text{вих}} = E_T = C(T_1 - T_0), \quad (5.4)$$

де C – коефіцієнт, який залежить від матеріалу провідників термопари.

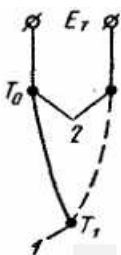


Рис. 21 – Схема контуру термопари

Створювана термопарами ЕДС порівняно невелика: вона не перевищує 8 мВ на кожні $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і звичайно не перевищує по абсолютній величині 70 мВ . Термопари дозволяють вимірювати температуру в діапазоні від 200 до $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Найбільше поширення для виготовлення термоелектричних перетворювачів набули платина, платинородій, хромель, алюмель. Термопари мають наступні переваги: простота виготовлення і надійність в експлуатації, дешевизна, відсутність джерел живлення і можливість вимірювань у великому діапазоні температур. Разом з цим термопарам властиві і деякі недоліки - менша, ніж у терморезисторів, точність вимірювання, наявність значної теплової інерційності, необхідність введення поправки на температуру вільних кінців і необхідність у вживанні спеціальних сполучних дротів.

Інфрачервоні датчики (пірометри) - використовують енергію випромінювання нагрітих тіл, що дозволяє вимірювати температуру поверхні на відстані. Пірометри діляться на радіаційні, яскравісні і колірні.

Радіаційні пірометри використовуються для вимірювання температури від 20 до 2500 °С, причому прилад вимірює інтегральну інтенсивність випромінювання реального об'єкту.

Пірометри яскравості (оптичні) використовуються для вимірювання температур від 500 до 4000 °С. Вони працюють на порівнянні у вузькій ділянці спектру яскравості досліджуваного об'єкту з яскравістю зразкового випромінювача (фотометричної лампи).

Колірні пірометри засновані на вимірюванні відношення інтенсивностей випромінювання на двох довжинах хвиль, вибраних звично в червоній або синій частині спектру; вони використовуються для вимірювання температури в діапазоні від 800 °С. Пірометри дозволяють вимірювати температуру в труднодоступних місцях і температуру рухомих об'єктів, високі температури, де інші датчики вже не працюють.

Кварцеві термоперетворювачі

Для вимірювання температур від – 80 до 250 °С часто використовуються так звані кварцові термоперетворювачі, що використовують залежність власної частоти

кварцового елементу від температури. Робота даних датчиків заснована на тому, що залежність частоти перетворювача від температури і лінійність функції перетворення змінюються залежно від орієнтації зрізу щодо осей кристала кварцу. Дані датчики широко використовуються в цифрових термометрах.

П'єзоелектричні датчики

Дія п'єзоелектричних датчиків заснована на використанні п'єзоелектричного ефекту (п'єзоефекту), що полягає в тому, що при стисненні або розтягуванні деяких кристалів на їх гранях з'являється електричний заряд, величина якого пропорційна діючій силі. Прикладена електрична напруга викликає деформацію п'єзоелектричного зразка - стиснення або розтягування його відповідно знаку прикладеної напруги. Це явище, яке називається зворотним п'єзоефектом, використовується для збудження і прийому акустичних коливань звукової і ультразвукової частоти. Такі датчики використовуються для вимірювання сил, тиску, вібрації і т.д.

Оптичні (фотоелектричні) датчики

Розрізняють *аналогові* і *дискретні оптичні датчики*. У *аналогових датчиків* вихідний сигнал змінюється пропорційно зовнішній освітленості. Основна область вживання – автоматизовані системи керування освітленням.

Датчики дискретного типу змінюють вихідний стан на протилежний досягши заданого значення освітленості.

Фотоелектричні датчики можуть бути застосовані практично у всіх галузях промисловості. Датчики дискретної дії використовуються як своєрідні безконтактні вимикачі для підрахунку, виявлення, позиціонування і інших задач на будь-якій технологічній лінії.

Оптичний безконтактний датчик реєструє зміну світлового потоку в контрольованій області, пов'язану із зміною положення в просторі яких-небудь рухомих частин механізмів і машин, відсутність або присутність об'єктів. Завдяки великим відстаням спрацьовування оптичні безконтактні датчики знайшли широке вживання в промисловості і не тільки.

Оптичний безконтактний датчик складається з двох функціональних вузлів, приймача і випромінювача. Дані вузли можуть бути виконані як в одному корпусі, так і в різних корпусах.



Рис. 22 – Оптичний безконтактний датчик ВБЗ

За методом виявлення об'єкту фотоелектричні датчики підрозділяються на 4 групи:

1) переріз променя - в цьому методі передавач і приймач розділені різними корпусами, що дозволяє встановлювати їх напроти один одного на робочій відстані. Принцип роботи заснований на тому, що передавач постійно посиляє світловий промінь, який приймає приймач. Якщо світловий сигнал датчика припиняється, внаслідок перекриття стороннім об'єктом, приймач негайно реагує міняючи стан виходу.

2) відбиття від рефлектора - в цьому методі приймач і передавач датчика знаходяться в одному корпусі. Напроти датчика встановлюється рефлектор (відбивач). Датчики з рефлектором влаштовані так, що завдяки поляризаційному фільтру вони сприймають відбиття тільки від рефлектора. Це рефлектори, які працюють за принципом подвійного відбиття. Вибір відповідного рефлектора

визначається необхідною відстанню і монтажними можливостями. Світловий сигнал, який посиляється передавачем відбиваючись від рефлектора, потрапляє в приймач датчика. Якщо світловий сигнал припиняється, приймач негайно реагує, змінюючи стан виходу.

3) відбиття від об'єкту - в цьому методі приймач і передавач датчика знаходяться в одному корпусі. Під час робочого стану датчика всі об'єкти, що потрапляють в його робочу зону, стають своєрідними рефлекторами. Як тільки світловий промінь відбиваючись від об'єкту потрапляє на приймач датчика, той негайно реагує, міняючи стан виходу.

4) фіксоване відбиття від об'єкту – принцип дії датчика такий же, як і у "відбиття від об'єкту", але в даному випадку вища чутливість реакції на відхилення від налаштування на об'єкт. Наприклад, можливе детектування роздутої пробки на пляшці з кефіром, неповне наповнення вакуумної упаковки з продуктами і т.д.

По своєму призначенню фотодатчики діляться на дві основні групи: датчики загального вживання і спеціальні датчики. До спеціальних відносять типи датчиків, призначені для вирішення вузького кола задач. Наприклад, виявлення кольорової мітки на об'єкті, виявлення контрастної межі, наявності етикетки на прозорій упаковці і т.д.

Задача датчика знайти об'єкт на відстані. Ця відстань варіюється в межах 0,3мм - 50м, залежно від вибраного типу датчика і методу виявлення.

Мікрохвильові датчики

На зміну кнопково - релейним пультам приходять мікропроцесорні автоматичні системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) високої продуктивності і надійності, датчики оснащуються цифровими інтерфейсами зв'язку, проте це не завжди призводить до підвищення загальної надійності системи і достовірності її роботи. Причина полягає в тому, що самі принципи дії

більшості відомих типів датчиків накладають жорсткі обмеження на умови, в яких вони можуть використовуватися. Наприклад, для стеження за швидкістю руху промислових механізмів широко застосовуються безконтактні (місткості і індуктивні), а також тахогенераторні пристрої контролю швидкості (ПКС).

Тахогенераторні ПКС мають механічний зв'язок з рухомим об'єктом, а зона чутливості безконтактних приладів не перевищує декількох сантиметрів. Все це не тільки створює незручності при монтажі датчиків, але і істотно ускладнює використання цих приладів в умовах наявності значної концентрації пилу, який налипає на робочі поверхні, викликаючи помилкові спрацьовування. Перелічені типи датчиків не здатні напряду контролювати об'єкт (наприклад, стрічку конвеєра) - вони налаштовуються на рух роликів, крильчаток, натяжних барабанів і т.д. Вихідні сигнали деяких приладів настільки слабкі, що лежать нижче за рівень промислових перешкод від роботи могутніх електричних машин.

Аналогічні труднощі виникають при використуванні традиційних сигналізаторів рівня – датчиків наявності сипкого продукту. Такі пристрої необхідні для своєчасного відключення подачі сировини у виробничі ємності. До помилкових спрацьовувань призводить не тільки налипання і пил, але і дотик потоку продукту при його надходженні в бункер. В неопалюваних приміщеннях на роботу датчиків впливає навколишня температура. Помилкові спрацьовування сигналізаторів викликають часті зупинки і запуски навантаженого технологічного устаткування - основну причину його аварій, призводять до завалів, обриву конвеєрів, виникненню пожежо- і вибухонебезпечних ситуацій.

Вказані проблеми кілька років тому призвели до розробки принципово нових типів приладів - датчиків радіолокацій контролю швидкості, датчиків руху і підпору, робота яких заснована на взаємодії контрольованого об'єкту з радіосигналом частотою близько 1100 Гц.

Використовування мікрохвильових методів контролю за станом технологічного устаткування дозволяє повністю позбавитися недоліків датчиків традиційних типів.

Відмітними особливостями цих пристроїв є:

- відсутність механічного і електричного контакту з об'єктом (середовищем), відстань від датчика до об'єкту може складати декілька метрів;
- безпосередній контроль об'єкту (транспортної стрічки, ланцюга), а не їх приводів, натяжних барабанів і т. д.;
- мале енергоспоживання;
- нечутливість до налипання продукту за рахунок великих робочих відстаней;
- висока перешкодостійкість і спрямованість дії;
- разове налаштування на весь термін служби;
- висока надійність, безпека, відсутність іонізуючих випромінювань.

Принцип дії датчика заснований на зміні частоти радіосигналу, відбитого від рухомого об'єкту. Це явище ("ефект Доплера") широко використовується в системах радіолокацій для дистанційного вимірювання швидкості. Рухомий об'єкт викликає появу електричного сигналу на виході мікрохвильового приймально-передавального модуля.

Оскільки рівень сигналу залежить від відбиваючих властивостей об'єкту датчики руху можуть використовуватися для того, щоб сигналізувати про обрив ланцюга (стрічки), наявність на конвеєрній стрічці яких-небудь предметів або матеріалів. Стрічка має гладку поверхню і низький коефіцієнт відбиття. Коли мимо датчика, встановленого над робочою віткою транспортера, починає рухатися продукт, збільшуючи коефіцієнт відбиття, прилад сигналізує про рух, тобто, фактично про те, що стрічка не порожня. За тривалістю вихідного імпульсу можна на значній відстані оцінити розмір переміщуваних предметів, проводити селекцію і т.д. При необхідності заповнити яку-небудь ємність (від

бункера до шахти) можна точно визначити момент закінчення засипки - опущений на певну глибину датчик показуватиме рух наповнювача до тих пір, поки не буде засипаний.

Конкретні приклади використання мікрохвильових датчиків руху в різних галузях промисловості визначаються її специфікою, але в цілому вони здатні вирішувати найрізноманітніші задачі безаварійної експлуатації устаткування і підвищити інформативність автоматизованих систем керування.

Схеми включення датчиків

Безпосереднє використання вихідного сигналу датчика для дії на подальші елементи автоматичної системи, навіть для безпосереднього вимірювання і порівняння, не завжди можливе. Перетворення вихідної величини датчика в зручний для подальшого використання здійснюється у вимірювальних схемах. Для датчиків з аналоговим виходом широко використовують мостові, *диференціальні* і *компенсаційні схеми включення датчиків*.

Мостові схеми застосовують переважно спільно з датчиками, робота яких заснована на зміні активного і реактивного опорів. Проста схема моста (рис. 23) складається з трьох постійних резисторів $R_1 - R_3$ і датчика резистора R_d , які складають плечі моста. Джерело напруги U_0 включено в одну діагональ AC моста, а вихідна напруга моста $U_{\text{вих}}$ знімається з іншої його діагоналі BD - вимірювальної, в яку включений вимірювальний прилад.

Диференціальна схема складається з двох суміжних контурів, в кожному з яких діє окрема ЕДС (рис. 24). Вимірювальний прилад, що включається в гілку, загальну для обох контурів, реагує на різницю контурних струмів I_1 і I_2 . Коли зовнішньої дії немає, то ЕДС і опори контурів рівні, струми I_1 і I_2 рівні і струм через прилад рівний нулю: $I_{\text{пр}} = 0$. Зміна параметрів датчика пропорційна свідченням ІІ.

Диференціальні схеми застосовують за необхідності порівняння двох величин або вимірювання не абсолютного значення контрольованої величини, а її зміни в деякому діапазоні. В порівнянні з мостовою схемою диференційна має велику чутливість.

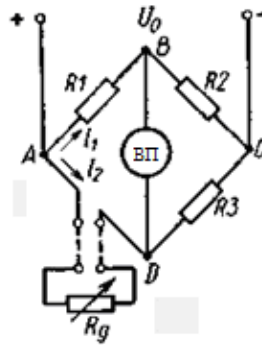


Рис. 23 – Мостова вимірювальна схема

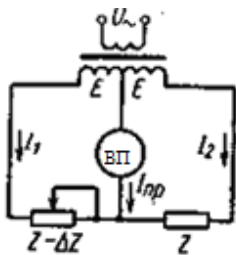


Рис. 24 - Диференціальна вимірювальна схема

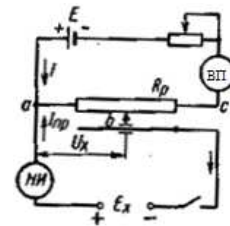


Рис. 14 - Компенсаційна вимірювальна схема

Для вимірювань малих ЕДС, наприклад, створюваних генераторними датчиками, використовується компенсаційна схема. Принцип компенсації полягає в тому, що вимірювана ЕДС врівноважується рівним і протилежним по знаку падінням напруги, значення якої може бути встановлено і визначено з високою точністю. Проста компенсаційна схема для вимірювання ЕДС постійного струму наведена на рис. 25. Основними достоїнствами компенсаційного методу вимірювання є висока чутливість (завдяки нульовому методу вимірювання); відсутність споживання енергії від досліджуваного датчика у момент компенсації.

Бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів: "включено/вимкнено" називають також безконтактними вимикачами. Безконтактні вимикачі випускають для роботи в ланцюгах постійного і змінного струму. На рис. 26 представлені схеми їх підключення і функції.

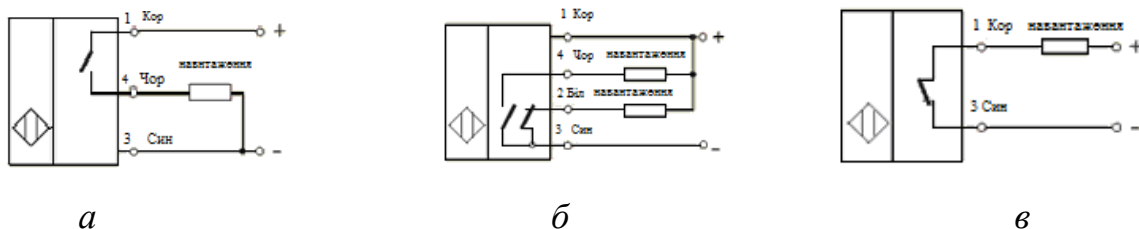


Рис. 26 - Схеми з трьома або чотирма виводами

а - підключення навантаження між виходом і мінусом живлення (PNP-вихід), схема з трьома виводами; б - підключення навантаження між виходом і плюсом живлення (NPN-вихід), схема з чотирма виводами; в - схема підключення з двома виводами

Функція включення (АЛЕ) забезпечує протікання струму навантаження при виявленні об'єкту дії і переривання протікання струму за відсутності об'єкту дії. Функція відключення (НЗ) забезпечує переривання протікання струму навантаження при виявленні об'єкту дії і протікання струму за відсутності об'єкту дії. Функція включення-відключення або перемикання («АЛЕ») є комбінованою функцією, що включає як функцію включення, так і функцію відключення. Програмована функція - один вихід ВБ може програмуватися користувачем як функція АЛЕ, або як функція НЗ.

6 РЕЛЕ

Основні характеристики Реле G5RL-LN



Реле **G5RL-LN** є продовженням розвитку серії G2R/G2RL і має аналогічне з нею настановне місце на платі. Воно пропонується з однополюсною котушкою і нормально розімкненими контактами (SPST-NO), при цьому, маючи висоту всього 15,7 мм, воно здатне комутувати до 12А при 220В змінного струму. Так це реле є в версії із струмом комутації до 16А. Реле має стандартний ряд робочих напруг котушки 5В, 12В і 24В, при цьому її енергоспоживання складає 530 мВт. Рівень звукового тиску реле G5RL-LN складає не більше 45дБ на відстані 15 см, що робить процес перемикання практично беззвучним. Недавно було представлено на ринок реле G5RL-HR, яке витримує пускові струми до 100А. Воно було спеціально розроблено для використання в таких додатках, як наприклад, управління люмінесцентними лампами і лампами розжарення.

Виробник: Omron

Трифазне реле напруги, перекосу і послідовності фаз РН-311



Реле контролю напруги РН-311 (аналог РНПП-311) - трифазний мікропроцесорний пристрій модульного виконання, який призначений для відключення навантаження при неприпустимих коливаннях напруги в мережі, порушенні амплітудної симетрії напруги мережі (перекосі фаз), обриві і порушенні послідовності фаз. Монтаж пристрою здійснюється на 35 мм DIN – рейку. Реле ефективно використовується для захисту холодильного, кондиціонерного, компресорного і іншого устаткування, що має електродвигуни. Також використовуються в пристроях, де необхідно здійснювати постійний контроль наявності, якості і повнофазності мережної напруги.

Електротеплове реле РТЛн



РТЛн — комутаційний пристрій, призначено для забезпечення захисту електродвигунів від струмових перевантажень неприпустимої тривалості, асиметрії фаз, затягнутого пуску і заклинюванні ротора. Випускаються електротеплові реле з діапазоном струмів неспрацьовування від 0,1 до 93 А і в трьох типорозмірах. Електротеплове реле РТЛн можуть встановлюватися як безпосередньо на магнітні пускачі, так і окремо від пускачів (в останньому випадку вони повинні бути забезпечені клемниками). Клас розчіплювача — 10, в цьому випадку реле можуть застосовувати для пусків електричного двигуна з часом запуску до 10 с.

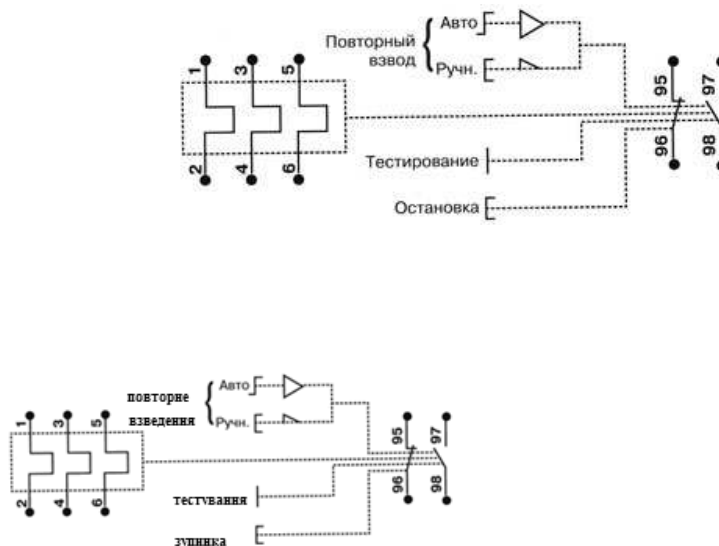


Рис. 27 -- Электрична схема

Таблиця 1 – Технічні характеристики електротеплових реле

Діапазон уставок реле, А		0,1-32	30-93
Номинальна робоча напруга, U_e , В		600	
Номинальна частота струму мережі, Гц		50/60	
Номинальна напруга ізоляції, U_i , В		660	
Номинальна імпульсна напруга, U_{imp} , В		6,0	
Потужність захищеного електродвигуна, кВт		0,37 - 55,0	
Переріз приєднуємих дротів, мм ²	Кабель без кінцевика	1,5-10	4-35
	Кабель з кінцевиком	1-4	4-35
	Жорсткий кабель	1-6	4-35
Ступінь захисту реле		IP 20	
Умови експлуатації		УХЛ 4	
Діапазон робочих температур		-30°C ÷ + 50°C	
Гарантійний термін, місяців		24	

Клас 10 А

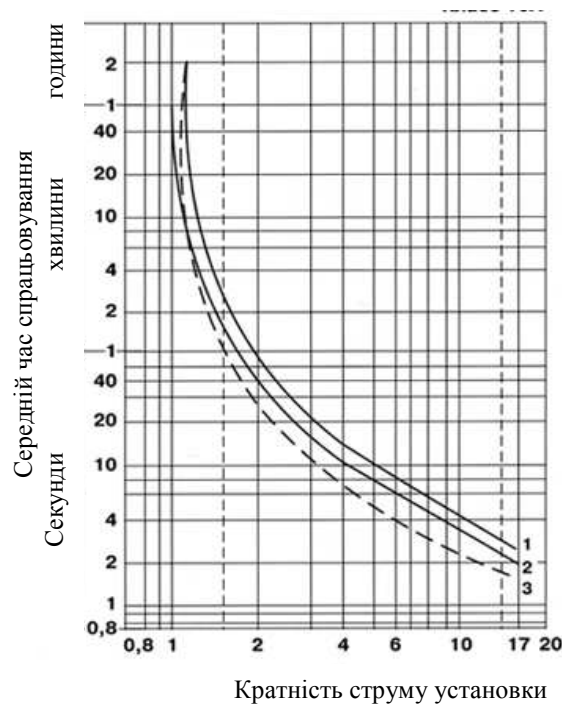


Рис. 28 -- Криві спрацювання: 1 - симетричний трифазний режим з холодного стану; 2 - симетричний двофазний режим з холодного стану; 3 - симетричний трифазний режим після тривалого протікання номінального струму (гарячий стан)

Потужні реле постійного струму

Omron доповнила своє сімейство **G9E** новими моделями: **G9EC** високої потужності і **G9EB**, відмінне компактнішою конструкцією. **G9EC** здатне комутувати і проводити струми до 200А при 400 В постійного струму.



Реле має широке застосування :

- електричні і гібридні транспортні засоби,
- енергетичні системи,
- промислове устаткування і ін.

У корпусі реле **G9EC** ланцюга управління і комутації розміщені в окремих відсіках, герметизовані і заповнені воднем. Струм відключення може досягати 1000А постійного струму при 400 В .

Реле має компактні розміри 98 x 44 x 86.7 мм (ДхШхВ).

Інша новинка, **реле G9EB**, є наймініатюрнішою і найлегшою моделлю в своєму класі, в категорії реле на 25А постійного струму при 400 В . Розміри реле складають всього 25х60х58 мм, а вага близько 135 г. Як і попередні реле **G9EA**, **обидві новинки Omron G9EB і G9EC** випускаються з контактами SPST-NO. Наймогутніше реле **G9EC** доступне у варіанті з різьбовими клемами або з дротяними висновками. Всі реле серій **G9E** відповідають стандартам UL 508 UL/CSA. Діапазон робочих температур для **G9EC** складає від -40 до +50°C, а для **G9EB** - від -40 до +70°C.

Реле часу



Реле часу призначено для включення і відключення виконавчих пристроїв з нормованими витримками часу включення і відключення після подачі напруги живлення або управляючого сигналу; для включення або відключення виконавчих пристроїв через заданий інтервал часу після подачі напруги живлення або управляючого сигналу.

Напруга живлення ($220 \pm 15\%$) В змінного струму

Напруга на навантаженні, не більше 240V змінного струму

Струм навантаження, не більше 1A ($\cos\phi = 0,7$)

Діапазон робочих температур $-25 \dots +75^\circ\text{C}$

Діапазон установок часу:

у режимі “d” (секунди-0,1секунди) 0,10с – 99,90с

у режимі “C” (хвилини-секунди) 1с – 99 хв. 59с

Дискретність установки часу:

у режимі “d” (секунди-0,1секунди) – 0,1с

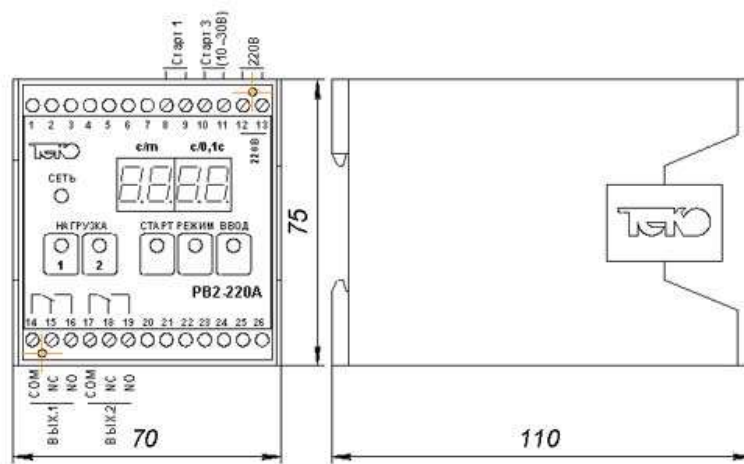
у режимі “C” (хвилини-секунди) – 1с

Габаритні розміри, мм – 70x110x75

Маса, не більше – 0,3кг

Ступінь захисту по ГОСТ 14254-96 – IP20

Спосіб кріплення – на “DIN” рейку



Виробник: Науково-виробнича компанія «ТЕКО»

Реле часу PBE-02 (добове 9 вкл. / відкол.) 220В, 5А



Серія електронних реле часу виконана на сучасній елементній базі, з використанням мікропроцесорних технологій, що дозволяє використовувати дані пристрої в шафах автоматики без додаткового підігріву. Прилади виготовлені в пластмасових корпусах, з кріпленням на DIN-рейку Євростандартом. Всі елементи управління, індикатори стану і цифрові табло розташовані на лицьовій панелі приладів, що дозволяє оперативно налаштовувати реле і спостерігати їх поточний стан. Реле PBE і PBE-01 - прилади, що дозволяють управляти пристроями автоматики залежно від часу затримки, що задається, в наступних тимчасових інтервалах.

PBE - від 0,1 сек. до 9 хв. 59 сек. / від 0,1 хв. до 9 год. 59 хв.

РВЕ-01 - має розширене табло і ширший часовий інтервал, від 0,1сек до 99хв 59 сек. / від 01 год. до 99 год. 59 хв.

Перемикання діапазонів здійснюється програмно. Всі зміни уставок часу записуються в незалежну пам'ять приладів і зберігаються при зникненні напруги живлення. Запуск відліку часу може проводитися двома способами: по подачі напруги живлення або по замикаючому запусковому контакту.

Реле РВЕ-02 - **НОВИНКА** - нове реле часу, з вбудованим годинником реального часу, дозволяючі проводити до 9 включень-відключень навантаження за добу. Кількість інтервалів часу і їх "ширина" програмується за допомогою кнопок на лицьовій панелі приладу. Для виключення збоїв заданих параметрів в реле вбудовано додаткове джерело живлення (батарея), яке дозволяє забезпечити роботу годинника реального часу при короткочасних "провалах" або відсутності живлячої напруги. Всі пристрої як вихідний сигнал використовують "сухий" контакт реле, який дозволяє комутувати струм до 5А, 220В активного навантаження або до 3А, 220В активно-індуктивного навантаження, що дозволяє використовувати даний виріб в схемах автоматики з різною напругою ланцюгів управління.

Реле Finder серії 7P



Реле забезпечує :

- захист від сплесків напруги пристроїв (SPD);
- захист мереж для однофазних і трифазних систем;
- захист для 230/400В систем

Реле має візуальний варістор з вказівкою статусу - Робота/Заміна; змінні модулі, 35 мм залізничні EN 60715 для монтажу.

Виробник: Finder

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

1. Порівняйте характеристики і наведіть класифікацію автоматичних вимикачів.
2. Порівняйте характеристики розрядників.
3. Порівняйте характеристики трансформаторів.
4. Наведіть класифікацію датчиків.
5. Порівняйте характеристики реле.
6. Порівняйте характеристики реакторів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Чунихин А. А. Электрические аппараты / А. А. Чунихин. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.
2. Родштейн Л. А. Электрические аппараты / Л. А. Родштейн. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни **«Електричні апарати»** (для студентів 2, 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»).

Укладачі: **ВАСИЛЬЄВА** Юлія Олегівна,
ЛЯШЕНКО Олена Миколаївна

Відповідальний за випуск доц. *Г. О. Петченко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2010, поз. 256 М

Підп. до друку 29.06.2011 р.	Формат 60×84/16
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 3,4
Зам. №	Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.